

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
Некоммерческое акционерное общество  
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»  
Институт: Теплоэнергетики и теплотехники  
Кафедра «Инженерной экологии и безопасности труда»

**«Допущен к защите»**  
Зав. кафедрой БТИЭ, к.т.н., доцент,  
Абикенова А.А.

\_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
(подпись)

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

**На тему:** Исследование состояния атмосферного воздуха города Алматы

**Специальность:** 6М073100 - Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды

**Выполнил:** Үмбетәлі Шерхан. Группа МБЖДн-18-1

**Научный руководитель:** Санатова Т.С. – к.т.н., доцент каф.БТИЭ

\_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
(подпись)

**Нормоконтролер:** Мананбаева С.Е. – ст. преподаватель каф.БТИЭ

\_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
(подпись)

**Рецензент:** Демеуова А.А. – к.т.н, начальник отдела экологии ТОО «СМАРТ Инжиниринг»

\_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
(подпись)

Алматы 2020 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
Некоммерческое акционерное общество  
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Институт: Теплоэнергетики и теплотехники

Кафедра: Инженерной экологии и безопасности труда

Специальность: 6М073100 – «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды»

**ЗАДАНИЕ**

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту: Үмбетәлі Шерхан

Тема диссертации: Исследование состояния атмосферного воздуха города Алматы

утверждена приказом ректора № 122 от «25» октября 2018 г.

Срок сдачи законченной работы «03» июня 2020 г.

Цель исследования: исследование состояния атмосферного воздуха г.Алматы путем разработки системы мониторинга качества воздуха, которая способна определять уровень загрязненности воздуха и сохранять измеряемые данные в реальном времени в базу данных для их дальнейшего анализа и изучения.

Перечень вопросов подлежащих разработке в дипломной работе или краткое содержание:

- обзор нормативно – правовой основы мониторинга атмосферного воздуха;
- аналитический обзор современного состояния автоматизированных систем мониторинга атмосферного воздуха;
- оценка и характеристика района исследования, определение физико-географического расположения, метеорологических и климатических условий г.Алматы и оценка степени загрязненности его воздушной среды;
- разработка аппаратной и программной части автоматизированной системы мониторинга эмиссии, тестирование и анализ полученных результатов;

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Обзорная карта Казахстана по потенциалу загрязнения атмосферы (ПЗА)
2. Схема подключения платы Arduino UNO
3. Схемы подключения датчиков SDS011, MQ135, DHT11
4. Блок-схема АСМЭ
5. Снимки программной части АСМЭ

Рекомендуемая основная литература

1. O. Postolache, M. Pereira and P. Girao, "Smart Sensor Network for Air Quality Monitoring Applications", Proc. of Instrumentation and Measurement Technology Conference, pp. 537- 542, May 2005.
2. Герасимов И.Л. Научные основы современного мониторинга окружающей среды. - Изв. АН СССР. Сер. Геогр., 1975, N3, с.13-25.
3. Горелик Д. О., Конопелько Л. А. Мониторинг загрязнения атмосферы и источников выбросов. // Аэроаналитические измерения. - М.: Изд. - во. Стандартов, 1992.

**Г Р А Ф И К**  
подготовки дипломной работы

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1	Обзор нормативно-правовой основы мониторинга атмосферного воздуха	09.12.2018	
2	Исследование состояния атмосферного воздуха г.Алматы путем отбора проб воздуха	25.04.2019	
3	Разработка аппаратной части АСМЭ	28.10.2019	
4	Разработка программной части АСМЭ	12.12.2019	
5	Экспериментальная часть	19.02.2020	

Дата выдачи задания «16» сентября 2018 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Абикенова А.А.  
(подпись)

Руководитель \_\_\_\_\_ Санатова Т.С.  
(подпись)

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_ Үмбетәлі Ш.М.  
(подпись студента)

## **Аңдатпа**

Алматы қаласының экологиялық проблемалары өткір болып табылады, қала әлемдегі ең ластанғандардың қатарында. Алматы қаласының негізгі экологиялық проблемасы ауа бассейнінің ластануы болып табылады. Ластау көздері автокөлік пен өнеркәсіптік объектілерден шығарындылар болып табылады. Қаланың әуе бассейніне тұрақты көздерден шамамен 18 мың зиянды заттар – жылу энергетикалық кешеннің ірі объектілерінен, орта және шағын кәсіпкерлік объектілерінен атмосфераға ластану эмиссиялары түседі. Автокөлік құралдарының саны ұдайы өсуде, бүгінгі күні қалада 570 мың бірлік жеңіл және жүк автомобильдері, автобустар және көлік құралдарының басқа да түрлері пайдаланылуда, олардың басым бөлігі оларды шығарған сәттен бастап жеті және одан да көп жыл пайдалану мерзімімен.

Бұл жұмыстың мақсаты-Алматы қаласының атмосфералық ауасының жай-күйін талдау және ауа бассейнінің сапасын бақылау жүйесін әзірлеу.

## **Аннотация**

Экологические проблемы города Алматы являются острейшими, город находится в числе самых загрязненных в мире. Основной экологической проблемой города Алматы является загрязнение воздушного бассейна. Источниками загрязнения являются выбросы от автотранспорта и промышленных объектов. В воздушный бассейн города от стационарных источников поступает порядка 18 тыс. вредных веществ – эмиссии загрязнения в атмосферу от крупных объектов теплоэнергетического комплекса, от объектов среднего и малого предпринимательства. Количество автотранспортных средств неуклонно растет, на сегодняшний день в городе эксплуатируется порядка 570 тыс. единиц легковых и грузовых автомобилей, автобусов и других видов транспортных средств, большая часть которых со сроком эксплуатации семь и более лет с момента их выпуска.

Цель данной работы – анализ состояния атмосферного воздуха города Алматы и разработка системы контроля качества воздушного бассейна.

## **Abstract**

The environmental problems of Almaty are acute, the city is among the most polluted in the world. The main environmental problem of the city of Almaty is pollution of the air basin. Sources of pollution are emissions from vehicles and industrial facilities. The air basin of the city receives about 18 thousand harmful substances from stationary sources – emissions of pollution into the atmosphere from large objects of the heat and power complex, from objects of medium and small businesses. The number of vehicles is growing steadily. Today, the city operates about 570 thousand units of cars, trucks, buses and other types of vehicles, most of which have a service life of seven or more years since their release.

The purpose of this work is to analyze the state of atmospheric air in Almaty and develop a quality control system for the air basin.

## Содержание

Введение .....	6
1 Обзор литературных источников и постановка задачи исследования .....	7
1.1 Основы экологического мониторинга. Определения и понятия .....	8
1.2 Нормативно-правовые основы мониторинга атмосферного воздуха	12
1.3 Анализ современного состояния автоматизированных систем мониторинга атмосферного воздуха .....	14
2 Характеристика района исследования и оценка степени загрязненности среды.....	20
2.1 Климатологическая характеристика г. Алматы.....	20
2.2 Характеристика растительности и почв.....	21
2.3 Характеристика животного мира .....	21
2.4 Климатологическая характеристика г.Алматы .....	22
2.5 Современное экологическое состояние г.Алматы.....	24
3 Исследование атмосферного воздуха города Алматы путем отбора проб воздуха.....	27
3.1 Описание исследования .....	27
3.2 Описание используемого оборудования .....	28
3.3 Результаты исследования .....	30
4 Мониторинг атмосферного воздуха на основе использования АСМ.....	33
4.1 Описание.....	33
4.2 Проектирование аппаратной части системы .....	33
4.3 Проектирование программной части системы .....	41
4.4 Принцип работы АСМ .....	44
5 Экспериментальная часть и результаты мониторинга.....	46
5.1 Описание.....	46
5.2 Результаты мониторинга системы.....	47
5.3 Отчет по результатам мониторинга.....	54
Заключение.....	56
Перечень сокращений .....	57
Список литературы .....	58

## Введение

Атмосферный воздух является одним из самых важнейших компонентов окружающей среды, неотъемлемой частью среды обитания человека, растений и животных. Качество атмосферного воздуха напрямую оказывает влияние на здоровье, на санитарную и экологическую ситуацию в городе, а также в стране. Примерно 2/3 населения проживает на территориях, где качество атмосферного воздуха не соответствует нормам.

Загрязнение воздуха - это одна из экологических проблем, которую нельзя игнорировать. Растущее количество транспорта и урбанизация приводят к понижению качества воздуха, а также превышению концентрации ультрадисперсных частиц PM<sub>2.5</sub> и PM<sub>10</sub>. На данном этапе целью магистерской диссертации является мониторинг атмосферного воздуха, оценка его качества с помощью автоматизированных станции, способный передавать информацию уязвимым группам населения.

Из-за различия географического расположения промышленных предприятий и урбанизированных территории, города отличаются неоднородностью территории, качественного состояния и уровня нагрузки на окружающую воздушную среду (атмосферу). В связи с этим порой можно наблюдать колоссальное различие между районами городов. В этой связи любой крупный город должен рассматриваться как совокупность экологической и технической систем. При этом обе системы находятся в одно и то же время, на одной и той же территории, и потому находятся в непрерывном взаимодействии друг с другом. В настоящее время информации, передающиеся с систем мониторинга, предоставляются не в полной мере. В связи с этим создание системы автоматизированного мониторинга является **актуальной**.

**Целью работы** является исследование состояния атмосферного воздуха г.Алматы путем разработки системы мониторинга качества воздуха, которая способна определять уровень загрязненности воздуха.

Для достижения поставлено цели требуется решение **следующих задач**:

- исследование, а также оценка качества атмосферного воздуха в городе Алматы и на его урбанизированных территориях;
- анализ района исследования, оценка географического расположения города, климатических условий, а также оценка степени загрязненности города;
- тестирование датчиков и разработка аппаратной части системы;
- создание кода для программной части системы;
- тестирование собранной системы и получение результатов.

**Личное участие автора.** Были разработаны:

- аппаратная и программная часть системы;
- разработана экспериментальная установка АСМЭ;

Протестированы и откалиброваны используемые датчики. Проведены инструментальные исследования загрязненности атмосферного воздуха г.Алматы.

**Научная новизна работы:**

- на основе анализа мониторинга состояния загрязнения атмосферного воздуха г.Алматы была предложена АСМЭ;
- приведены характеристики исследуемого района, а также обоснование выбранных точек;
- установлена зависимость влияния автотранспортных средств на уровень загрязнения воздуха ультрадисперсными частицами РМ 2.5 и РМ 10;

**Практическая ценность** заключается в создании экспериментальной установки автоматизированной системы мониторинга атмосферного воздуха г. Алматы, использовании экспериментальной установки при проведении научных исследований и практических занятий магистрантами и студентами АУЭС по исследованию загрязнения атмосферы и воздуха производственных помещений.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы докладывались на семинаре кафедры «Инженерная экология и безопасность труда» (2019г.) Алматинского университета энергетики и связи имени Г.Даукеева, на научно-практических конференции магистрантов НАО «Алматинский институт энергетики и связи».

**Реализация результатов работы.** Основные рекомендации диссертации и предлагаемое устройство, а также отдельные результаты проведенных экспериментальных исследований внедрены в учебный процесс Алматинского университета энергетики и связи при проведении лекционных, лабораторных занятий для магистрантов.

**Публикации.** Основное содержание диссертации опубликовано в 3 научных работах, в том числе 2 статьи в научных изданиях, публикуемые Алматинским Университетом Энергетики и Связи.

**Структура и объем работ.** Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка использованной литературы из 36 наименования, 13 таблиц, 32 рисунков.

# 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

## 1.1 Основы экологического мониторинга. Определения и понятия

Мониторинг окружающей среды - это инструмент для оценки состояния и тенденций в области окружающей среды, поддержки разработки политики и ее реализации, а также разработки информации для отчетности для национальных директивных органов, международных форумов и общественности [1].

Термин «мониторинг» вошел в научный оборот из англоязычной литературы и происходит от английского слова monitoring - контрольное наблюдение. В свою очередь слово monitoring происходит от английского monitor, а также от латинского «монитор» - «наблюдающий», «предостерегающий». Современное значение этого слова можно определить как наблюдение, контроль, предупреждение [1].

Понятие мониторинга окружающей среды было впервые предложено Р. Мэнном в 1972 г. на Стокгольмской конференции ООН и с тех пор постоянно развивается и обсуждается на различных международных конгрессах и совещаниях (Munn, 1973). Программа ЮНЕСКО, принятая в 1974 г., определяет мониторинг как систему регулярных длительных наблюдений в пространстве и во времени, дающую информацию о прошлом и настоящем состояниях окружающей среды, позволяющую прогнозировать изменение ее параметров, имеющих особенное значение для человечества [1].

Экологический мониторинг - это информационная система, которая занимается наблюдением, оценкой и прогнозом изменений в окружающей среде, созданная с целью выделения антропогенного компонента на фоне естественного процесса [1].

Основные цели экологического мониторинга:

- наблюдения, оценка и прогноз условия окружающей среды;
- определение степени влияния факторов приводящие к изменениям экосистемы;
- оценка антропогенного воздействия, приводящая к ухудшению окружающей среды;

Методы ведения экологического мониторинга:

- визуальный мониторинг окружающей среды (подсчет количества видов, фото-отчеты, анализ данных)
- инструментальный мониторинг окружающей среды (отбор проб воздуха, почвы, воды, использования автоматизированных станции, химический анализ и т.д)

По своей сути мониторинг окружающей среды призван помочь нам понять природную среду и защитить ее от любых негативных последствий человеческой деятельности. Этот процесс является неотъемлемой частью оценки воздействия на окружающую среду, и результаты могут напрямую



определить, насколько проектам даны четкие или нет. Оценки экологического мониторинга могут включать установление исходного качества, выявление экологических тенденций, выявление любых изменений, определение успеха проектов и подтверждение того, были ли достигнуты экологические цели [2].

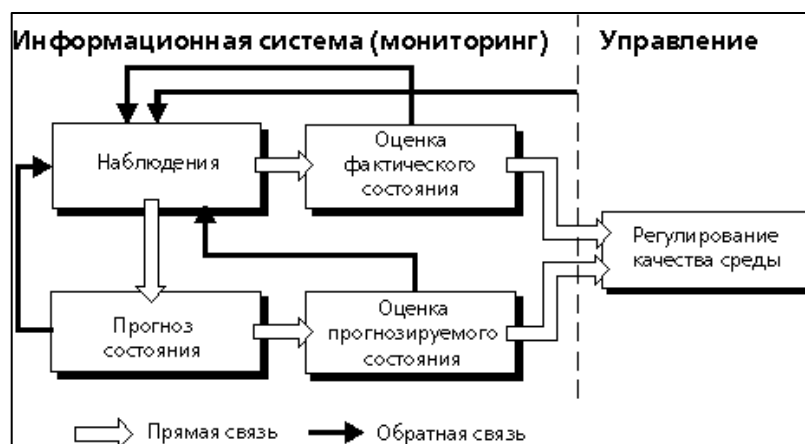


Рисунок 1.1.1 – Блок-схема системы мониторинга

По своей структуре мониторинг подразделяется на несколько уровней:

- глобальный (исследование климатических изменений);
- региональный (миграция и распространение загрязняющих веществ, влияние различных факторов на окружающую среду региона);
- локальный (изменение численности видов и тд.);
- фоновый (на основе изменений в биосфере, где исключена любая деятельность человека);

Глобальным мониторингом называют мониторинг обширных процессов и явлении на Земле, включая все экологические активности нашей планеты. Основной целью глобального мониторинга является обнаружение и предупреждение о надвигающемся экстремальном явлении на планете [2].

Региональный мониторинг в свою очередь имеет меньший масштаб охвата. Целью регионального мониторинга является мониторинг изменений экологических процессов внутри конкретного района, где эти процессы могут отличаться параметрами, природному характеру и по воздействию на окружающую среду. [2].

Локальный мониторинг осуществляется на территории промышленной или хозяйственной деятельности. Главной целью локального мониторинга является мониторинг вредного воздействия промышленных предприятия или хозяйства на окружающую среду, а также его оценка и прогноз [2].

Фоновый мониторинг, который проводится в локациях не подверженных человеческой деятельности, направлен на оценку влияния человеческой деятельности на окружающую среду. С помощью данных получаемых с фонового мониторинга можно наглядно понять степень антропогенного воздействия, сравнивая результаты фонового и локального, регионального мониторинга [2].

Уровни мониторинга	Структурная схема	Примечания
Глобальный		Межгосударственная система МОС
Национальный		Государственная система мониторинга территории России
Региональный		Краевые и областные системы МОС
Локальный		Городские и районные системы МОС
Детальный		Месторождения, промышленные предприятия, хозяйственные комплексы и т.д.

Рисунок 1.1.2 - Структурная схема и соотношение систем мониторинга окружающей среды

Также подразделяются 5 основных подсистем мониторинга окружающей среды – воздушный, водный, геологический, почвенный и др.

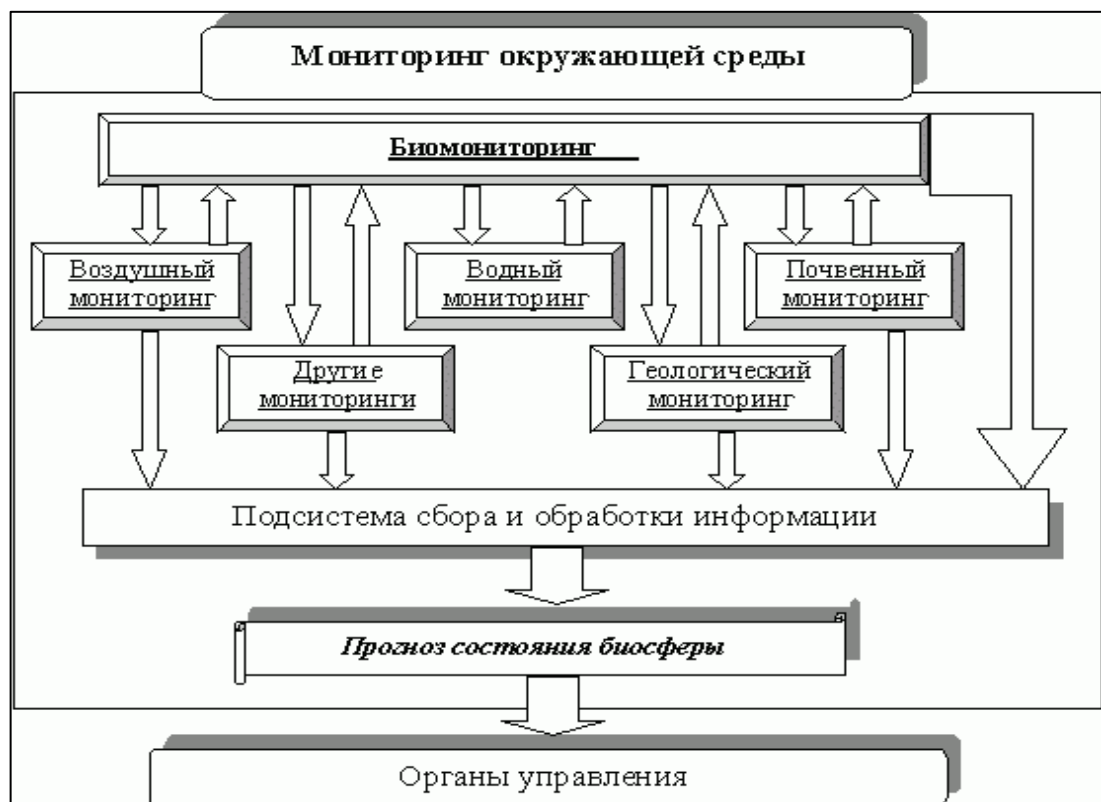


Рисунок 1.1.3 – Подсистема экологического мониторинга

Мониторинг атмосферного воздуха является неотъемлемой частью эффективной системы управления качеством воздуха. Причины сбора таких данных включают в себя:

- оценка степени загрязненности;

- своевременное предоставление данных о загрязнении воздуха населению;
- поддержка реализации целей или стандартов качества воздуха;
- оценка эффективности стратегий контроля выбросов;
- предоставление информации о тенденциях качества воздуха;
- предоставление данных для оценки моделей качества воздуха; а также поддержка исследований (например, долгосрочные исследования воздействия загрязнения воздуха на здоровье человека).

Существуют разные методы измерения. Места для станций мониторинга зависят от цели мониторинга. Большинство сетей мониторинга качества воздуха предназначены для поддержки целей здравоохранения, а в населенных пунктах созданы станции мониторинга. Они могут находиться вблизи оживленных дорог, в городских центрах или в местах, представляющих особый интерес (например, в школе, больнице, конкретных источниках выбросов). Также могут быть созданы станции мониторинга для определения уровней фоновое загрязнения вдали от городских районов и источников выбросов [2].

Системы необходимы для обеспечения приемлемого качества данных, для записи и хранения данных, а также для анализа данных и представления результатов [2].

В целом, мониторинг загрязнения атмосферного воздуха - это мониторинг процесса загрязнения воздуха. В идеале без источников загрязнения, нет будет и самого загрязнения. Но к сожалению, на практике внедрение такой системы невозможна. Экологический мониторинг как раз ставит цель максимизировать данную систему. Для этого необходим непрерывный жесткий контроль за эмиссией вредных веществ в атмосферный воздух в процессе деятельности человека. Инструменты для мониторинга промышленных и транспортных газовых выбросов служат этой цели. Эти инструменты расположены на переднем крае защиты атмосферного воздуха от вредных веществ; они напрямую контролируют источники загрязнения воздуха. Эффективное применение данных устройств часто позволяет оптимально настроить производственный процесс и существенно снизить уровень вредных выбросов в атмосферный воздух.

## 1.2 Нормативно-правовые основы мониторинга атмосферного воздуха

Разработка автоматизированной системы мониторинга выбросов загрязняющих веществ на промышленных предприятиях, оказывающих существенное отрицательное воздействие на окружающую среду, является обязательным нормативным требованием, установленным в Экологическом Кодексе РК (статья 17, подпункт 30). Настоящий закон утверждает правила ведения автоматизированного мониторинга выбросов в окружающую среду при проведении производственного экологического контроля и требований к отчетности по результатам производственного экологического контроля [3].

Согласно данным законодательным требованиям проект автоматизированной системы мониторинга эмиссий выполняется природопользователем самостоятельно или с привлечением специализированной организации. Само проектирование и ввод в эксплуатацию автоматизированной системы мониторинга эмиссий в окружающую среду содержит несколько этапов построения [3]:

- предпроектный анализ промышленных объектов;
- создание полного технического плана;
- создание проекта;
- закуп и монтаж, введение в действие аналитического оборудования, входящего в состав проекта;
- предпусковые работы и проверочные испытания;
- разработка процедуры по эксплуатации;
- калибровочная аттестация;
- приемочные испытания;
- ввод в эксплуатацию.

Сам проект включает в себя:

- характеристику промышленных объектов и технологического оборудования, на которых монтируется автоматизированная система мониторинга выбросов;
- условия к погрешности измерений концентраций загрязняющих веществ;
- точки установки аналитического оборудования;
- устройство автоматизированной системы мониторинга эмиссий с характеристикой ее элементов;
- план размещения автоматизированной системы мониторинга выбросов;
- ПО для дистанционной отправки данных мониторинга эмиссий в информационную систему уполномоченного органа в области охраны окружающей среды;
- типы измерительных приборов с учетом условий производства, типа технологического оборудования, конструктивных особенностей, компоновки,

технологических характеристик, требований безопасности и простоты обслуживания.

Данные непрерывного мониторинга эмиссий должны отображаться на мониторе в виде таблиц, показывающих результаты текущих и накопленных выбросов. Результаты со специальных датчиков, осуществляющие непрерывный мониторинг эмиссий, должны передаваться в режиме реального времени в необработанном виде в информационную систему уполномоченного органа. Данные по мониторингу эмиссии в атмосферу должны предоставляться на ежеквартальной основе в течение 10 рабочих дней после отчетного квартала [3].

Таблица 1.2 – Форма отчетности мониторинга эмиссий в атмосферный воздух

Наименование источника выброса (номер)	Наименование загрязняющих веществ	Установленный норматив (г/сек, т/год)	Фактический результат мониторинга (г/сек, т/квартал, т/год)	Превышение нормативов предельно допустимых выбросов	Мероприятия по устранению нарушения
1	2	3	4	5	6

Согласно статье 71 Экологического Кодекса РК, объекты, на которые выдаются разрешения на эмиссии в окружающую среду, делятся на 4 категории [4].

**I категория.** Объекты, которые оказывают существенное негативное влияние на окружающую среду и относятся к областям применения наилучших доступных технологий. Для таких установок должны быть разработаны стандарты допустимых выбросов и технологические стандарты, то есть стандарты выбросов, установленные с использованием технологических показателей (за единицу времени или единицу продукции). Кроме того, обязательным условием для таких объектов является получение комплексного экологического разрешения, которое включает согласованную программу промышленного экологического контроля. Если не представляется возможным соблюдать стандарты допустимых выбросов и технологические стандарты для установок категории I, разрабатывается дополнительная программа для повышения экологической эффективности [4].

**II категория.** Объекты, которые оказывают умеренное негативное влияние на окружающую среду. Для этих объектов необходимо рассчитать нормативы допустимых выбросов и заполнить декларацию о воздействии на окружающую среду, которая также должна содержать информацию о программе промышленного экологического контроля. Если не представляется возможным соблюдать нормы выбросов для предприятий категории II, следует разработать план действий по охране окружающей среды [4].

**III категория.** Объекты, которые оказывают незначительное негативное влияние на окружающую среду [4].

**IV категория.** Объекты, которые оказывают минимальное негативное влияние на окружающую среду [4].

Разрешения на эмиссию в окружающую среду выдаются на срок до тех пор, пока в действующем разрешении не будут указаны применяемые технологии и условия природопользования, но не более чем на десять лет для объектов категорий I, II и III. Для объектов IV категории выдается на бессрочной основе [4].

### **1.3 Анализ современного состояния автоматизированных систем мониторинга атмосферного воздуха.**

Загрязнители воздуха - это атмосферные вещества, как природные, так и антропогенные, которые могут оказать негативное влияние на окружающую среду и здоровье организма. С развитием новых химических веществ, промышленных и технологических процессов произошло резкое повышение уровня загрязняющих веществ в атмосфере, в связи с этим были введены экологические исследования и нормативные акты, увеличивающие потребность в мониторинге качества воздуха.

Основные задачи экологического мониторинга в обеспечении системы экологического менеджмента своевременной и достоверной информацией, позволяющей:

- оценить показатели состояния и функциональной целостности экосистем;
- выявить причины изменения данных показателей и оценить последствия таких изменений, а также определить корректирующие меры в случаях, когда целевые показатели состояния окружающей среды не достигнуты;
- создать предпосылки для определения мер по исправлению возникающих негативных ситуаций до нанесения ущерба.

Контроль за качеством атмосферного воздуха является трудной задачей, поскольку для этого необходима эффективное слияние различных данных о качестве окружающей среды, которые зачастую поступают из различных экологических станции и сетей. Для решения этих проблем необходимо использование специального оборудования, а также инструментов для наблюдения за концентрацией загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. К примеру, сенсорные системы, модели геоинформативных систем. Для интерпретации данных, которые поступают с датчиков, модели рассеивания воздуха объединяют топографические данные, данные о загрязнителях, метеорологические данные и геолокацию. Кроме того, рассмотрение данных анемометра в области между источниками и монитором часто дает представление об источнике загрязнения воздуха, зарегистрированном монитором загрязнения воздуха [8].

Исследователи, а также регулирующие органы, используют мониторинг качества атмосферного воздуха для анализа и исследования воздействия

загрязняющих веществ на окружающую природную среду. При интерпретации данных рассматриваются данные связанные с негативным последствием влияния загрязняющих веществ. Так как эти данные имеют наибольшую ценность при изучении загрязняющих веществ. Характеристика и степень отрицального влияния дают полную картину об опасности загрязняющих веществ. Если при интерпретации обнаруживаются концентрации нескольких химических соединений, в результате анализа данных может появиться уникальный «химический отпечаток» конкретного источника загрязнения воздуха.

К классическим системам мониторинга можно отнести портативные системы измерения выбросов, ранние образцы которых широко применялись в 1990-ых годах в странах запада. Портативная система измерения выбросов представляет с собой устройство для измерения выбросов транспортных средств, которое является небольшим и достаточно легким, чтобы его можно было перевозить с помощью транспортного средства.



Рисунок 1.3.1 – Портативная система измерения выбросов

В странах СНГ широко применяются такие станции как СКАТ-1, АРСЭМ, СКАПО, а также передвижные лаборатории «Атмосфера-1». В настоящее время наблюдается развитие в российском рынке по разработке линейки системных программ экологического мониторинга для различных областей СНГ и РФ.

Для бесперебойного контроля за концентрацией углекислого газа CO<sub>2</sub> и влажности в атмосферном воздухе, а также в производственных помещениях, промышленные предприятия зачастую используют систему СКАТ-1. С

помощью данных системы можно регулировать процесс подачи углекислого газа CO<sub>2</sub>, для этого используют переключающие контакты «малых» и «многих» порогов и т.д. Система СКАТ-1 позволяет использовать одновременно до 4 компонентных датчиков. Данные датчик могут быть откалиброваны без разборки панели.

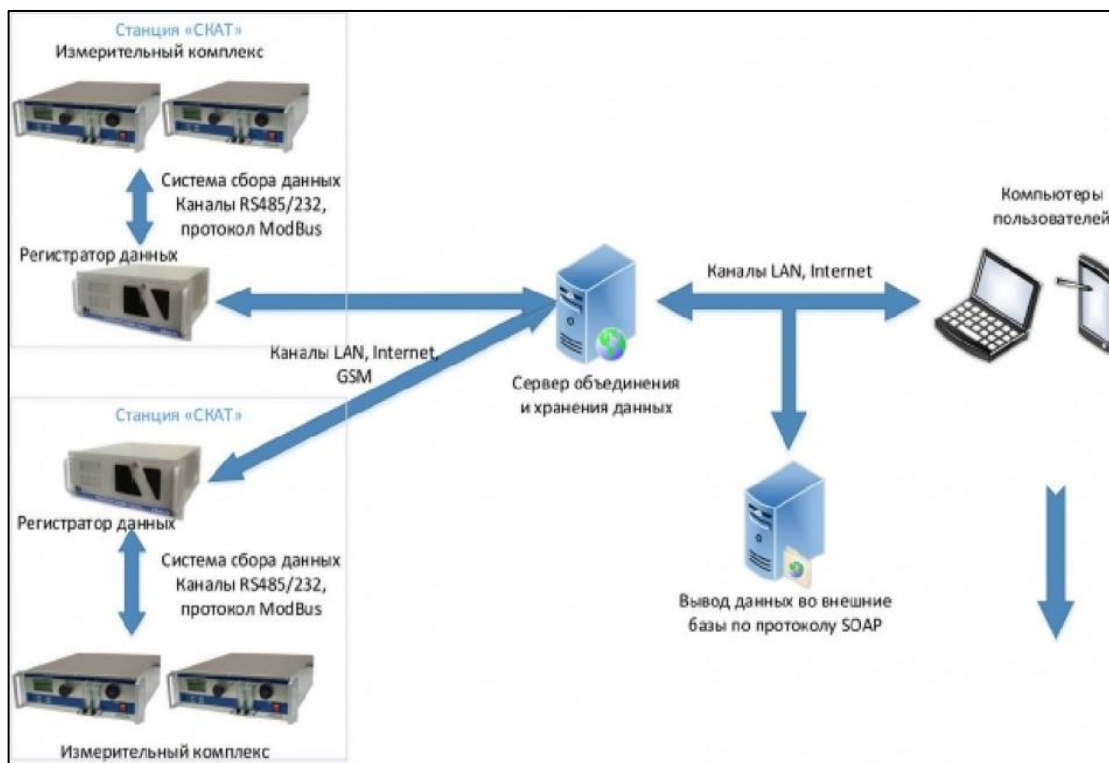


Рисунок 1.3.2 – Структура комплекса СКАТ-1

Главной задачей мобильной лаборатории АТМОСФЕРА-2 является контроль качества атмосферного воздуха, измерение метеорологических характеристик, а также оценка степени загрязненности воздуха, почвы и водных ресурсов. Данная лаборатория в основном применяется гидрометеорологических организациях и службах, осуществляющие контроль за качеством воздуха, почвы и т.д. Основным преимуществом данной системы является экспресс оценка степени загрязненности, а также точность показателей.

Для непрерывно мониторинга концентрации токсичных веществ в промышленных компаниях зачастую используют газоаналитическую систему СКАПО. Данная системы разработана для контроля концентрации токсичных и взрывоопасных газов, которые имеют свойство оседать на поверхности и скапливаться. Датчики наделены возможностью сигнализировать в случае превышения концентрации веществ. А также имеют свою системы вентиляции. Преимуществом данной газоаналитической системы является ее многокомпонентность (CO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>).





Рисунок 1.3.3 – Структурная система СКАПО

Структура системы включает в себя пункт контроля параметр мониторинга, исполняющие устройства, датчики БРС. Все устройства соединяются по протоколу RS485. Данная включается в себя станцию мониторинга и лабораторию с терминалами для ввода в базу данных лабораторных анализов.

Преимущества системы: структура системы позволяет заменить практически весь парк стационарных газоанализаторов, которые находятся в производстве, и контролировать до 256 потенциально опасных точек в производстве. Контролируемый объект может находиться на расстоянии до 3000 метров от блока сигнализации и управления. При создании системы управления максимальное расстояние до объекта составляет до 65 километров. Возможность комплектации системы датчиками с различными принципами работы, включая оптическое поглощение и термомагнитные газы, предлагает широкий спектр регулируемых газов. Все датчики изготавливаются собственными силами и имеют единую конструкцию, что может значительно упростить установку и эксплуатацию системы. Возможность архивировать информацию о состоянии объектов и чрезвычайных ситуациях позволяет отслеживать и регистрировать состояние загрязнения газами. Наличие энергонезависимой памяти позволяет хранить информацию при выключении устройства.

Недостатки системы включают в себя тот факт, что система предоставляет информацию о точечных измерениях, зоны влияния не создаются, система используется в конкретной компании и не может использоваться на региональном уровне.

Мониторинг состояния окружающей среды и, в особенности, атмосферного воздуха проводились в Казахстане много лет, однако зачастую мониторинги проводились в ручном режиме (отбор проб атмосферного воздуха - перевозка в лабораторию – анализ полученных результатов – фиксация в журнале - оформление итоговых отчетов).

В настоящий момент в Казахстане используют несколько разновидностей автоматизированных система мониторинга качества воздуха. Одной из

используемых систем является мониторинг ультрадисперсных частиц (PM 2.5 , PM10) с использованием стационарных станции. Полученные результаты мониторинга отображаются на веб-сайте. К основному недостатку данных станции относится их высокая стоимость [8].

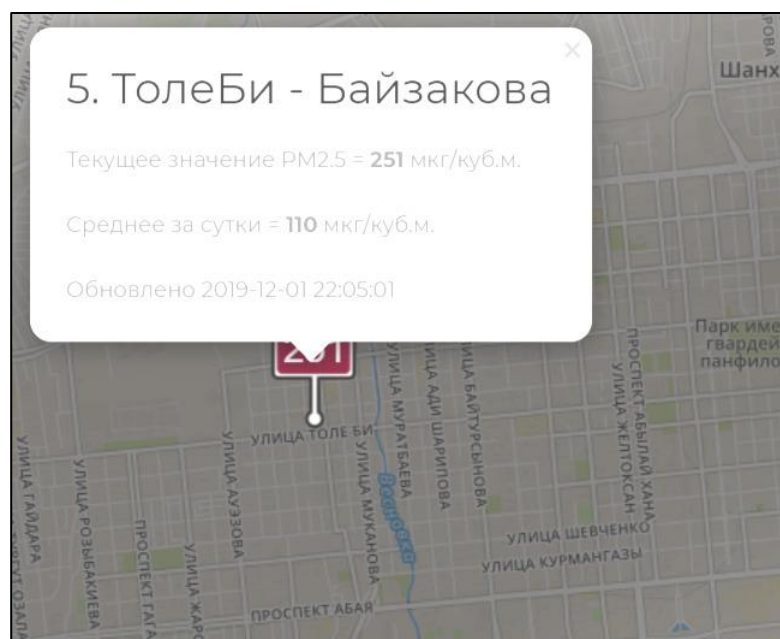


Рисунок 1.3.4 – Интерфейс веб-сайта.

Официальную информацию о качестве воздуха Алматы сообщают в гидрометеорологическом центре Алматы «Казгидромет». Казгидромет, как единственная юридически ответственная организация в Казахстане, проводит круглосуточный мониторинг воздуха, воды и почвы. Химические и биологические анализы проводятся в лабораториях Казгидромета и содержат более 70 загрязнителей. Мониторинг загрязнения воздуха включает более 17 загрязнителей, в том числе: твердые частицы (пыль), диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, сероводород, фенол, формальдегид и аммиак. Однако сообщается только о довольно ограниченном числе факторов, включая диоксид серы, диоксид углерода, диоксид азота, фенол, формальдегид и твердые частицы. Согласно этой информации, только диоксид азота обычно превышает максимально допустимую концентрацию (ПДК), среднегодовые концентрации указаны в таблице 1.

Таблица 1.3.1 – Среднегодовая концентрация веществ в г.Алматы

Вещество	Скорость ветра 0-2 м/с	Скорость ветра 3 м/с
	Концентрация мг/м <sup>3</sup>	
Твердые частицы	0,53	0,33
Диоксид серы	0,05	0,018
Углекислый газ	7,6	3,04
Диоксид азота	0,17	0,10
Формальдигиды	0,04	0,03

За последние годы многие экологические компании базирующиеся в Казахстане начали разработку проектов систем автоматизированного мониторинга эмиссии для промышленных объектов (нефтегазовые, электроэнергетические, горнодобывающие, металлургические, химические, транспортные и тд.) от типовых до более сложных, выполняемые по техническим заказам. Для данных проектов, как правило, используют многокомпонентные газоанализаторы, предназначенные для непрерывного измерения концентрации следующих веществ: оксида и диоксида углерода (CO, CO<sub>2</sub>), фтористого водорода (HF), оксидов азота (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>), диоксида серы (SO<sub>2</sub>), кислорода (O<sub>2</sub>), аммиака (NH<sub>3</sub>), сероводорода (H<sub>2</sub>S), хлористого водорода (HCl), органических токсичных веществ. Стоимость проектов оцениваются от 5 000\$ до 30 000\$ в зависимости от сферы и сложности проектов.

Один из наиболее бюджетных многокомпонентных газоанализаторов является газоанализатор МАГ-6 с выносными датчиками. Газоанализатор способен измерять концентрацию 7 веществ одновременно, используя электрохимические датчики. Диапазон температур от – 20С° до + 40С°. Для передачи данных используется протокол связи MOODBUS RTU и MOODBUS TCP. Главным недостатком газоанализатора является ограниченное количество измеряемых веществ. Среди доступных: кислород, оксид углерода, диоксид углерода, диоксид серы, сероводород, диоксид азота, аммиак.



Рисунок 1.3.5 – Многокомпонентный газоанализатор МАГ-6 Т

## 2 ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ И ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ СРЕДЫ

### 2.1 Климатологическая характеристика г. Алматы

Город Алматы расположена на территории северной равнины Заилийского Алатау. Северная часть города Алматы расположена на наклонной равнине, а южная часть города в пределах низкогорья. Угол наклона поверхности местами достигает 5 градусов на север. Рельеф города имеет слабоволнистость, с останцевыми буграми и грядами, а также неглубокими в существенной степени долинами и оврагами рек.

Географическое положение Алматы играет существенную роль в связи с возникающим давлением и окружающими его горами, которые являются барьером для циркуляции воздуха, блокируя город с юга и частично с востока. Следует отметить что в Алматы довольно слабые ветры. Летом и зимой скорость ветра достигает 1 м/с, средняя скорость ветра менее 1,2-1,4 м / с. Для сравнения средний ветер скорости для Астаны, которая находится посередине Казахстана без окружающих гор защита, как видно из Алматы, в 3-4 раза выше в течение года.

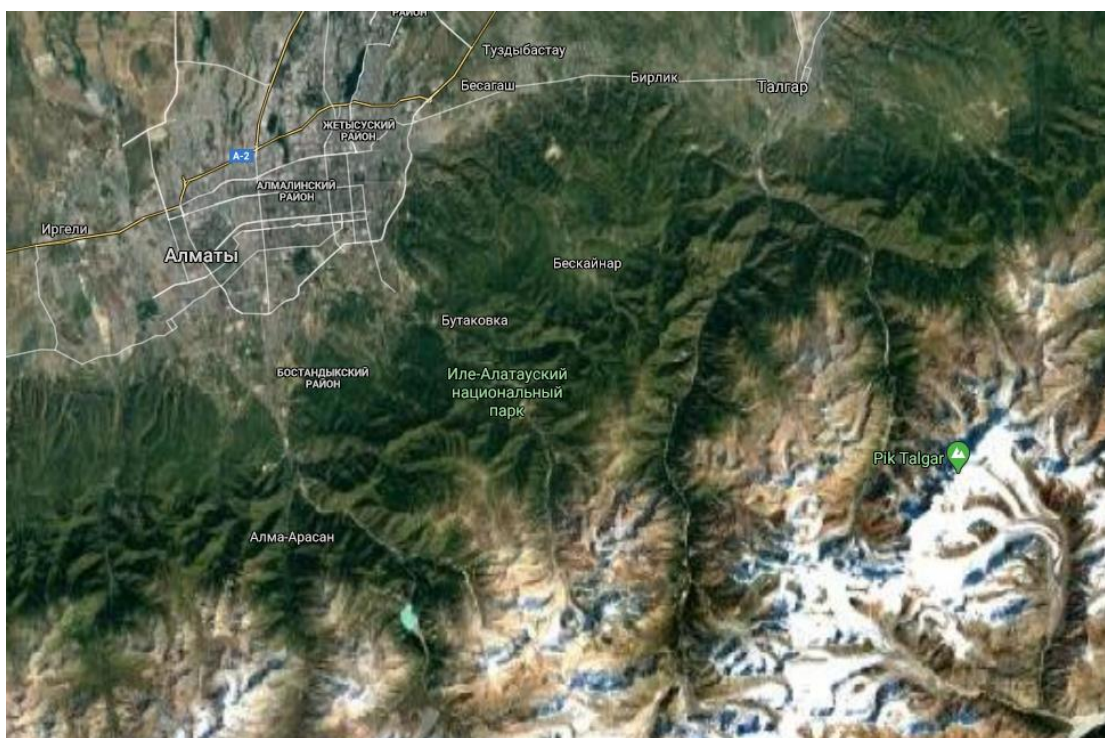


Рисунок 2.1.1 – Географическое расположение г.Алматы

Между проспектом Аль-Фараби и Райымбека, вдоль линии датчиков перепад поверхности зачастую достигают 150 м.

Область характеризуется высокой сейсмической активностью, которая достигает 9 – 10 баллов.

## **2.2 Характеристика растительности и почв**

Алматинская область богата на растительность. В пределах области имеются не мало видов, зачастую это тростниковые, кустарниковые, местами в отдаленных территориях встречаются камышовые. В прирусловой территории широко распространена древесная растительность. В горной части области также можно встретить множественные виды растительности.

Для области характерна быстрая смена ландшафтов в горной местности. На отметке 800-1600 м зачастую преобладают каштановая почва с растительностью. Также на территории горной местности растут яблони, боярышни, осина.

Лесная местность находится в пределах отметок 1600 – 2200 м. Она берет свое начало на территории горно-луговых ландшафтов, где развиты леса. Для данной местности характерны черноземные почвы.

Выше лесной местности распространены плоские выровненные поверхности субальпийских ландшафтов. Это является его главным отличием в горной местности.

Выше лесной местности расположилась субальпийская луга. Для данной местности характерна в основном коричневая, местами карбонатная лугово-степная почва.

На территории горных рек преобладают морены. Также в данной местности зачастую пышные горно-луговые почвы. На территории встречаются леса и ели.

Ледники берут свое начало с высоты примерно 2900 м. На данной территории почва развита лишь на поверхности немногочисленных морен. В целом местность относится к самому высокому поясу – альпийскому.

Все точки расположения датчиков полностью находятся в пределах города Алматы и не затрагивает природную местность.

## **2.3 Характеристика животного мира**

На территории Алматинской области обитают множество видов животного мира. Благодаря обширной границе, на территории области встречаются леопарды, волки, рыси. Данные виды в основном обитают на южной части области, в пределах границы с Кыргызстаном. На северной части области крупные млекопитающие встречаются гораздо реже. Причина тому является высокая плотность населения, а также интенсивное развитие сельского хозяйства в низменных районах области, а также в пригородах.

Для северной части характерна наличие большого количества грызунов: полевые мыши, суслики, сурки, тушканчики, зайцы и тд. Также для территории Алматинской области характерна большое количество видов птиц. Среди них серые журавли, перепела, сойка, дрофы, куропатка, сойка, фазаны, орлы, голуби и тд.

По причине расширения урбанизированных зон г.Алматы и резкого увеличения населения области, животный мир области имеет тенденцию к миграции. Стоит учитывать, что на территории области очень малое количество животных и птиц, занесенные в красную книгу. Сайгаки и газели полностью отсутствуют.

## 2.4 Климатологическая характеристика г.Алматы

Для города Алматы характерен очень влажный климат. Летом максимальная температура воздуха достигает 40 ° С, зимой минимальная температура достигает - 25° С. Из-за своего географического расположения для города характерна горная циркуляция.

По данным Казгидромет средняя температура в городе составляет около 11 ° С. Январь считается самым холодным месяцем, когда температура воздуха может упасть до минимальных отметок около 20-25° С. Морозные дни зачастую начинаются с ноября месяца и могут продлиться до апреля. Средняя температура при этом около -5° С. Лето в городе начинается с мая и заканчивается в сентябре. Средняя температура летом достигает отметок 28 ° С. Март и апрель считаются как самые влажные месяцы, в течение которых выпадают около трети годовых количества осадков в городе. Для города также характерен температурный контраст из-за его географического расположения. Температурная разница между районами города могут достигать 4-5 %, в зимний период около 2%.

В среднем в холодные месяцы года почва промерзает до глубины 1 метра. В некоторых районах данная отметка достигает 1,2 метра.

Ветровые показатели в г.Алматы зависят от района. В целом для Алматы характерны слабые ветра. Горная часть с южной стороны служат преградой для полной циркуляции воздуха. В среднем скорость ветра в городе достигает 1,4 м/с.

Полная климатическая характеристика города Алматы отражена в табл. 2.4.1.

Таблица 2.4.1 – Метрологическая характеристика г.Алматы

Название	Величина
Коэффициент, зависящий от стратификации	200
Коэффициент рельефа местности	1.0
Средняя максимальная температура воздуха наиболее жаркого месяца	23,8
Средняя максимальная температура воздуха наиболее холодного месяца	-4,7

Среднегодовая роза ветров, %	
С	12
СВ	7
В	8
ЮВ	13
Ю	28
ЮЗ	8
З	12
СЗ	6
Среднегодовая скорость ветра, м/с	1,3
Скорость ветра, повторяемость превышения которой 5%, м/с	3,2

Стоит отметить, что для горной местности характерна температурная инверсия. Она определяется постепенным повышением температуры до высоты около 1600 м. Температурная инверсия имеет значительное воздействия на температурный режим города Алматы. Это происходит из-за оседания холодного воздуха в нижние части города. Для примера, в зимнее время года в нижней части города температура воздуха зачастую падает до отметки  $-10,2^{\circ}\text{C}$ , в верхней части города температура достигает  $-7,2^{\circ}\text{C}$ , на Медео температура воздуха поднимается до  $-5,7^{\circ}\text{C}$ .

Это же явление оказывает негативное влияние на экологическую ситуацию города. Оно характеризуется образованием смога, который при плохой циркуляции города, очень медленно рассеивается.

Алматы находится в горной местности, которая влияет на климат в этом городе. В Алматы теплый континентальный климат с большим количеством осадков, чем в остальной части страны. Особенно в весенние и ранние летние месяцы намного больше дождей. Лето приятное и делает его идеальным временем для посещения. Зимы мягкие и приятные. большинство осадков будет снегом.

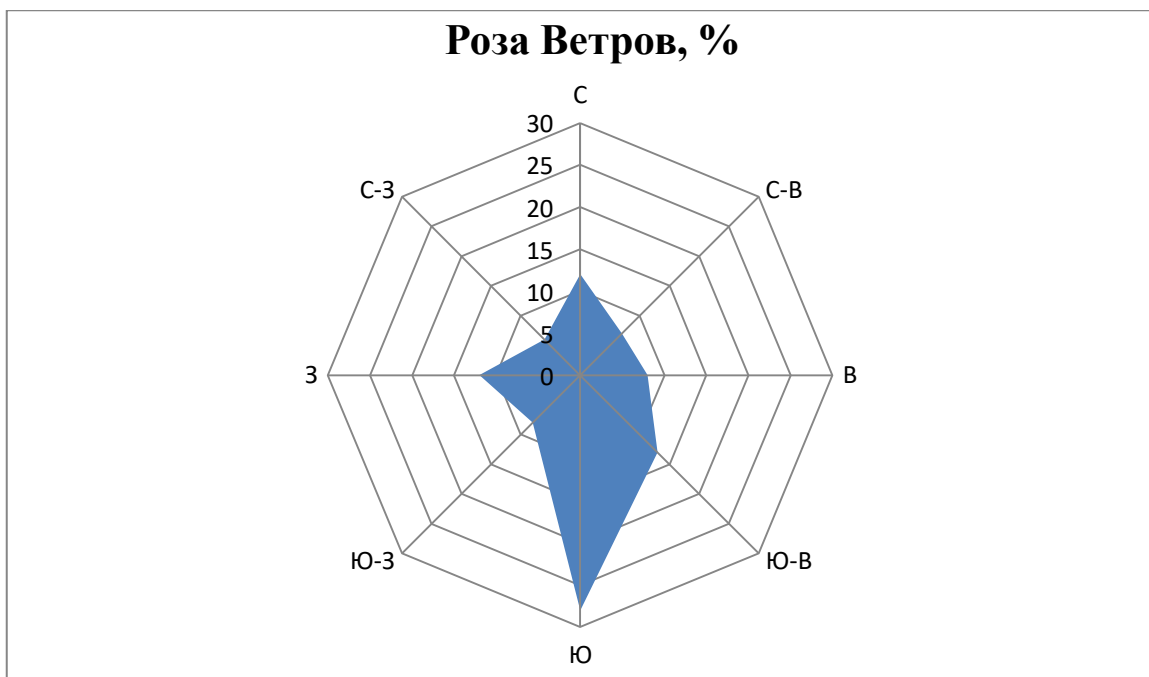


Рисунок 2.4.1 – Среднегодовая роза ветров г.Алматы

Среднегодовая температура по периодам года представлены в таблице 2.4.2.

Таблица 2.4.2 – Среднегодовая температура по месяцам года

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср.
t, °C	-4,7	-3	3,4	11,5	16,6	21,6	23,8	23,0	17,6	9,9	2,7	-2,8	10,0

## 2.5 Современное экологическое состояние г.Алматы

Для города Алматы характерны ряд экологических проблем. Одним из главных является загазованность города. Это происходит из-за расположения города в предгорном бассейне. Города Афин и Лос-Анджелес имеют сходные географические характеристики, а также экологические проблемы. Первоначально город Алма-Ата был спроектирован дизайнерами на 400 тысяч жителей, но население города на данный момент достигает 1.8 млн. человек, с агломерацией более 2 млн.

По статистике Департамента Экологии около 75% загрязнения воздуха в городе Алматы приходится на автотранспорт. По данным МВД РК в Алматы зарегистрировано более 500 тыс. единиц автотранспорта и их число с каждым годом растет. Согласно ежегодному отчету Департамента Экологии, за год автотранспортом выбрасываются в воздух около 300 тысяч тонн загрязняющих веществ. На каждого жителя приходится свыше 200 кг опасных веществ.





Рисунок 2.5.1 – Смог над г.Алматы

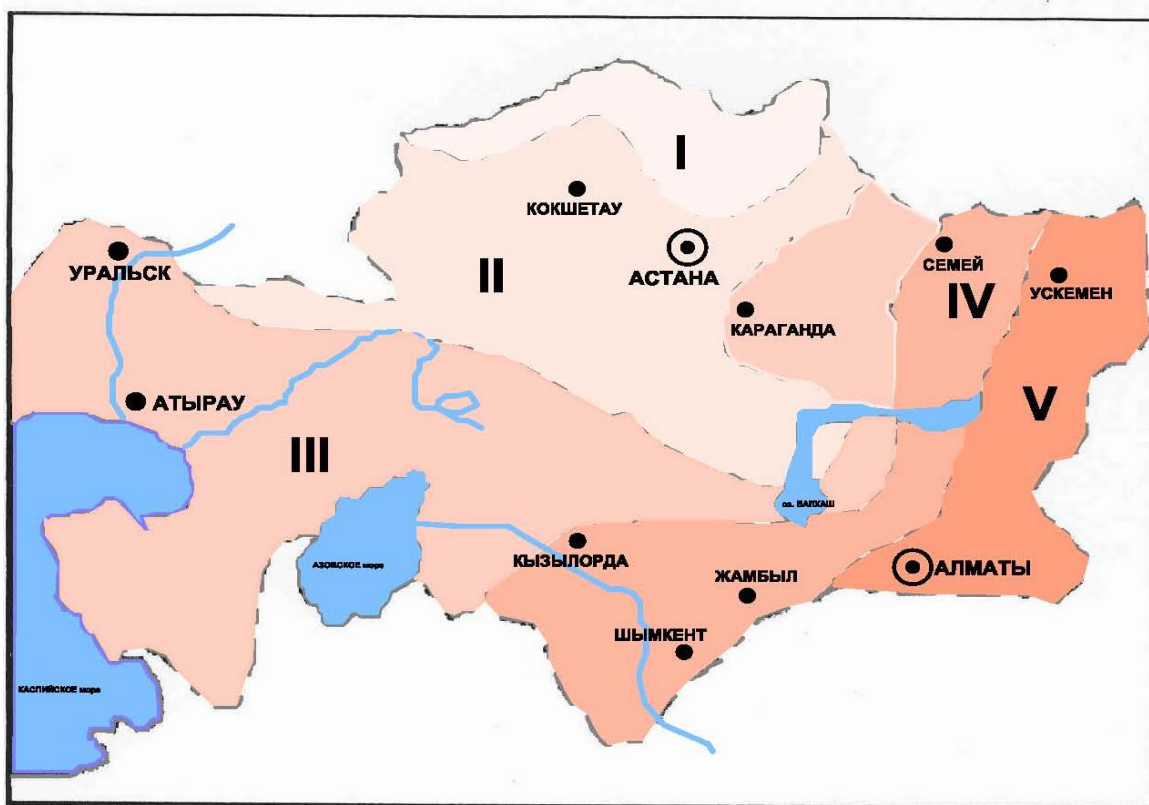
Согласно международному рейтингу стран ЕС Partnership Алматы является один из самых загрязненных город Казахстана.

Основные причины низкого качества воздуха в Алматы можно отнести к постоянно растущему числу автомобили, часть которых имеют срок эксплуатации более 15-20 лет. Высокий процент тяжелой техники и изношенных автобусов в сочетании с низким качеством топлива, дают ощутимый негативный эффект на атмосферный воздух города.

Таким образом, транспортный компонент составляет около 65% загрязнения воздуха в городе. Исследователями было подсчитано, что общий объем выбросов загрязняющих веществ в Алматы достигло 232 000 тонн в 2010 из которых около 190.000 тонн поступают из более чем 500.000 транспортных средств.

Также стоит отметить влияние ТЭЦ, поскольку на них приходится около 35% выбросов загрязняющих веществ от общей массы. Сжигание угля в сочетании с устаревшими оборудованиями, повышает уровень загрязнённости воздуха. Особенно это заметно в зимний период, когда теплоэлектростанции работают на полную мощность.

Основываясь на карте РК по районированию территории по ПЗА, Алматинская область относится к району с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха: ПЗА = V [4].



- I** - Зона низкого потенциала
- II** - Зона умеренного потенциала
- III** - Зона повышенного потенциала
- IV** - Зона высокого потенциала
- V** - Зона очень высокого потенциала

Рисунок 2.5.1 – Карта РК по потенциалу загрязнения атмосферы

В настоящее время, в Алматы наблюдается серьезное ухудшение качества воздуха, что подтверждается как национальной сетью мониторинга атмосферного воздуха (NAQMN) и независимая сеть мониторинга Airkaz. Наблюдается общая тенденция к увеличению концентрации ультрадисперсных частиц PM 2.5 и PM 10 в городе. Согласно ежегодным результатам, пик концентрации приходится на зимние месяцы года. Уровни загрязнения в зимнее время могут также усугубляться с более низким уровнем атмосферного пограничного слоя и более низкой скоростью ветра. Работающие на полной мощности ТЭЦ так же вносят существенный вклад в загрязнение воздуха. Особенно это заметно в зимнее время, когда ТЭЦ работают на полной мощности.

### 3 ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА Г.АЛМАТЫ ПУТЕМ ОТБОРА ПРОБ ВОЗДУХА

#### 3.1 Описание исследования

Данное исследование направлено на определение концентрации взвешенных веществ в атмосферном воздухе, путем протягивания заданного объема воздуха через внутренний корпус аспиратора.

Зачастую отбор проб атмосферного воздуха проводятся в нескольких точках города с применением специальных бумажных фильтров, поглотительных растворов и твердых сорбентов. Определение концентрации пыли на специальном фильтре рассчитывается весовым методом.

Во время отбора проб аспирационным методом должна быть обеспечена достаточная эффективность поглощения искомой вредной примеси в воздухе. Это достигается при помощи скорости аспирации исследуемого воздуха через жидкую поглотительную среду и конструкцией примененного поглотительного прибора. Отбор проб проводились в двух наиболее загрязненных транспортом точках города Алматы.

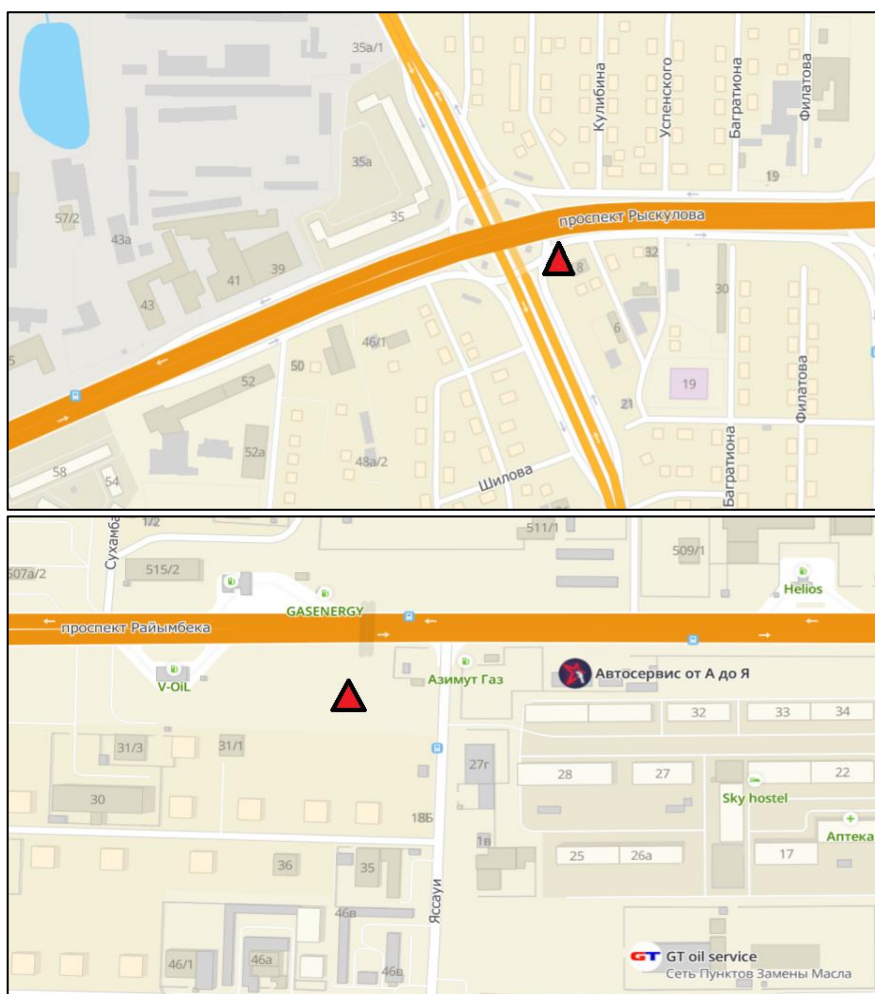


Рисунок 3.1.1 – Точки отбора проб атмосферного воздуха в г.Алматы

### 3.2 Описание используемого оборудования

Для определения концентрации пыли и мелкодисперсных частиц было использовано оборудование для продувки определенного объема воздуха через фильтры типа АФА ВП. Аспиратор ПУ-3Э используют для проведения аттестации и мониторинга производственных помещений, воздуха рабочей зоны и атмосферного воздуха.

Основные технические характеристики:

Количество параллельно отбираемых проб — от 1 до 3;

Суммарный расход воздуха:

ПУ-3Э/220 — не менее 400 л/мин;

ПУ-3Э/12 — не менее 200 л/мин;

Продолжительность отбора пробы — в диапазоне от 2 до 30 мин;

Предел основной относительной погрешности измерения объема пробы — +/- 10%;

Объем пробы воздуха измеряется встроенным в устройство механическим счетчиком объема;

Электрическое питание устройства:

ПУ-3Э/220 — от сети переменного тока напряжением 220В частотой 50 Гц; потребляемая мощность — не более 250Вт;

ПУ-3Э/12 — от автономного источника постоянного тока напряжением 12В; потребляемая мощность — не более 150Вт.

Габаритные размеры аспиратора — 187 x 215 x 560 мм.

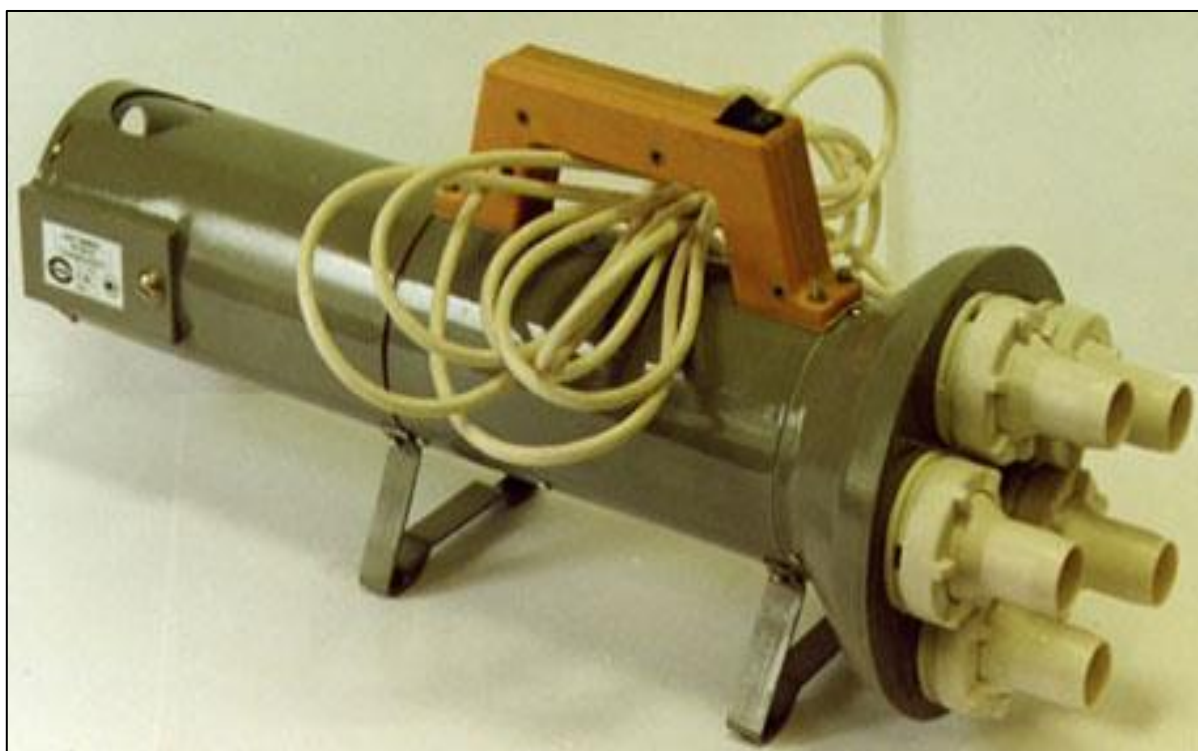


Рисунок 3.2.1 – Аспиратор ПУ-3Э

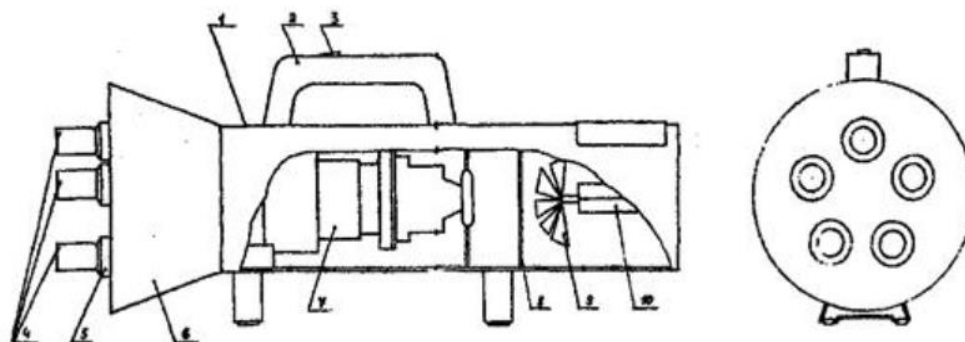


Рисунок 3.2.2 – Общий вид аспиратора ПУ-3Э

1 – корпус, 2 – ручка, 3 – сетевой переключатель, 4 – ниппели, 5 – накидные гайки, 6 – раструб, 7 – компрессор, 8 – выравнивающая сетка, 9 – ветроприемник, 10 – индикаторный показатель.

Схематично аспиратор (рис. 3.2.2) состоит из цилиндрического корпуса, в котором находится компрессор, выравниватель потока и счетчик объема. Счетчик объема содержит ветроприемник и индикатор объема. В передней части корпуса находится раструб, на торце которого расположены, держатели под поглотительные фильтры со штуцерами. Штуцеры прикрепляются к держателю накидными гайками.

С помощью перепада давления с постоянными параметрами внутри корпуса, заданный объем воздуха проходит через фильтры. Показатель объема воздуха пропорциональна времени отбора проб и расходам. Аспиратор имеет функцию автоматического отключения по достижению заданного объема.

Для определения запылённости весовым методом взвешивают специальный фильтр до и после протягивания через него определённого объёма запылённого воздуха, а затем по разности весов подсчитывают массу пыли и относят её к объёму пропускаемого через фильтр воздуха. Веса фильтров приведены в таблице 3.2.1.

Таблица 3.2.1 – Вес фильтров до отбора проб

№	Вес (мг)
1	54.9
2	57.3
3	54.5
4	57.4
5	55.2
6	60.2

Фильтры под номерами 1-3 были использованы на пересечении Яссауи-Раимбека, 3-6 на пересечении Жансугурова-Рыскулова 31 марта 2019 года.

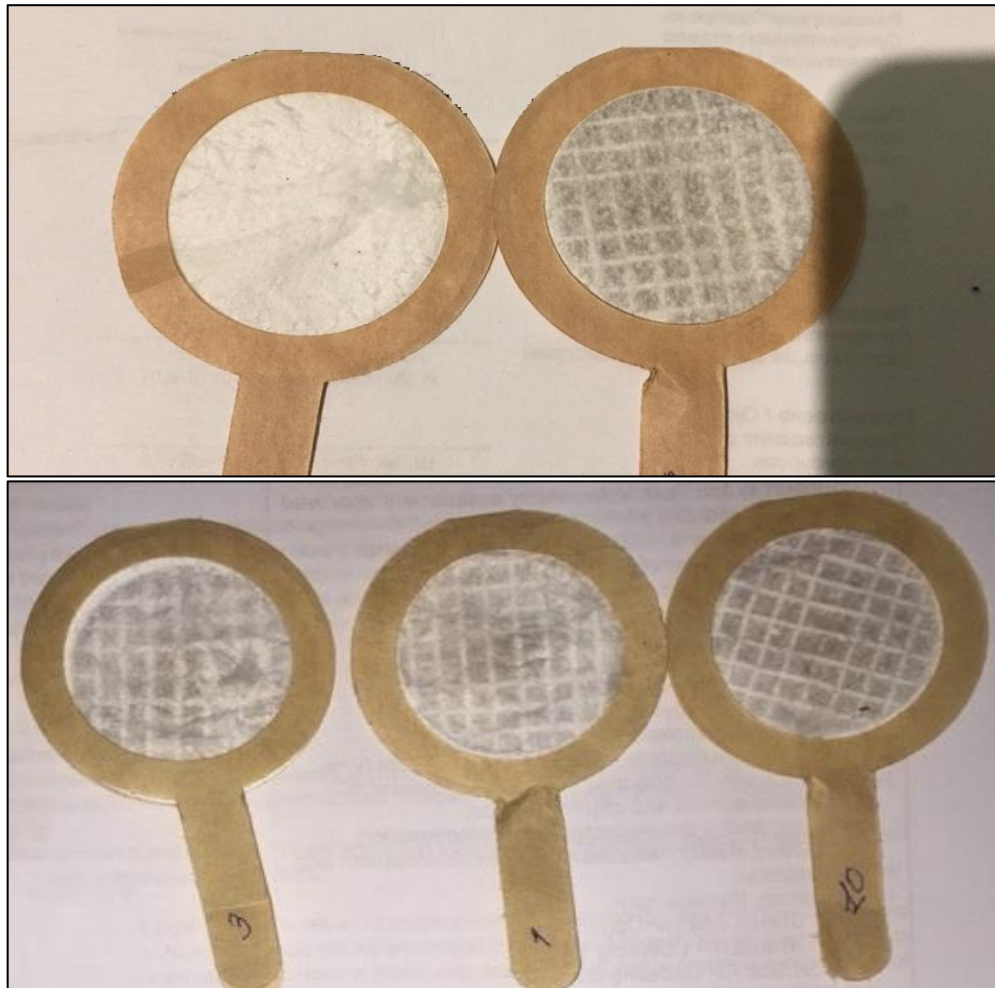


Рисунок 3.2.2 – Фильтр до и после отбора проб

### 3.3 Результаты исследования

Условия работы аспиратора:

- температура среды от 263К до 313К (от – 10°С до 40°С)
  - относительная влажность до 98%
  - атмосферное давление (84 – 106,7) кПа (630 – 800 мм.рт.ст.)
- Диапазон расхода по каждому каналу от 40 до 200 дм<sup>3</sup>/мин.

Рассчитываем объем воздуха:

$$V = \frac{Q_t(273 + t) \cdot 10^5}{293 \cdot P}, \quad (3.1)$$

$Q_t$  – 120 л/мин,

$P$  – 92125 Па,

$t$  – 20°С

$$V = \frac{120 \cdot (273 + 20) \cdot 10^5}{293 \cdot 92125} = 130,25 \text{ дм}^3$$

Рассчитываем концентрацию взвешенных частиц в воздухе:

$$C_H = \frac{(m_2 - m_1) \cdot 10^3}{V} \left[ \frac{\text{мг}}{\text{м}^3} \right], \quad (3.2)$$

Яссауи-Раимбека:

$$C_H = \frac{(57,6 - 55,5) \cdot 10^3}{130,25} = 16,1 \text{ мг/м}^3$$

Жансугурова-Рыскулова:

$$C_H = \frac{(58,6 - 57,6) \cdot 10^3}{130,25} = 7,67 \text{ мг/м}^3$$

Концентрация взвешенных частиц, мг/м <sup>3</sup>		ПДК
Яссауи-Раимбека	Жансугурова-Рыскулова	
16,1	7,67	0,5

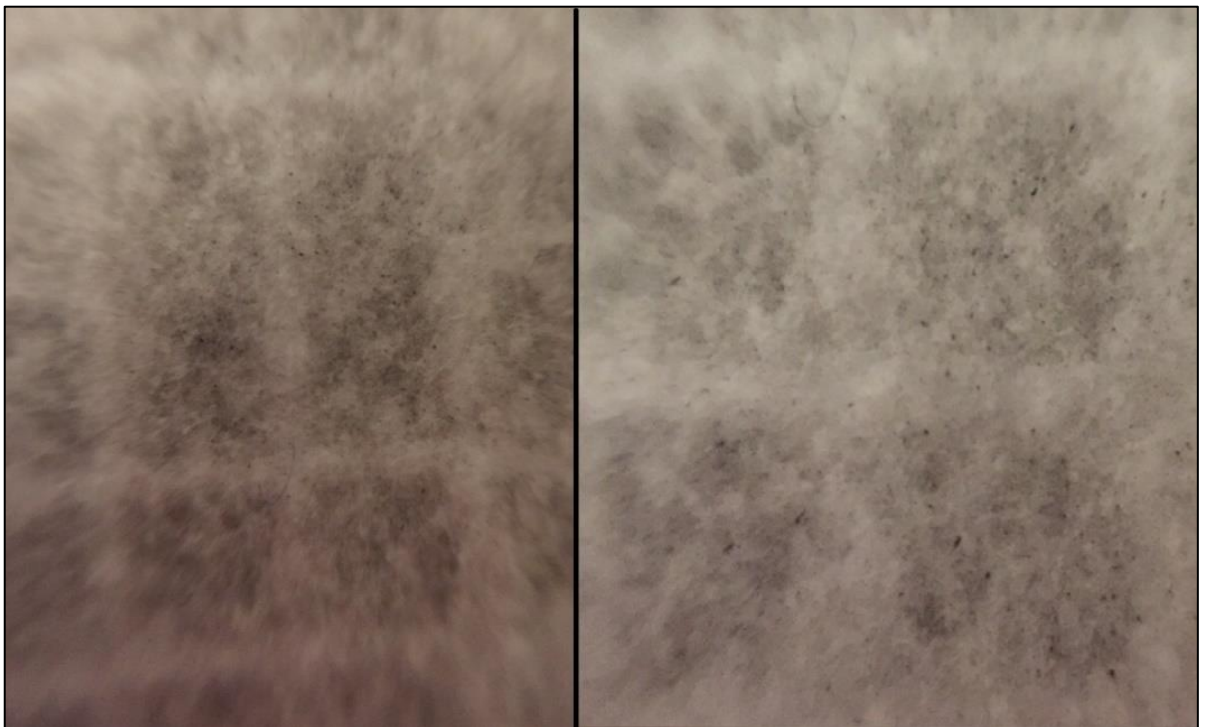


Рисунок 3.3.1 – Крупные частицы в фильтре



Рисунок 3.3.2 – График концентрации взвешенных частиц

Как показали результаты исследования, концентрация взвешенных частиц в атмосферном воздухе г. Алматы во много раз превышает установленные нормы (ПДК взвешенных частиц – 0,5 мг/м<sup>3</sup>). Основываясь на результатах исследования, можно сделать вывод о том, что загрязненность воздуха — это, пожалуй, самая актуальная и важная проблема города Алматы. Так как взвешенные частицы имеют свойство отрицательно влиять на здоровье населения. В основном УДЧ попадает в организм через вдыхание. Из-за своих размеров, УДЧ классифицируются как вдыхаемые частицы, которые могут оказать негативное влияние на здоровье. В противоположность поведению при вдыхании частиц класса PM10 и PM2.5, УДЧ скапливаются в легких, где они могут проникнуть в ткани и затем захвачены кровью, и после этого их затруднительно вывести из организма и они могут оказать немедленное воздействие. Вдыхание УДЧ, даже если их компоненты сами по себе не очень токсичны, может вызвать окислительный процесс, возбуждаемый высвобождением медиатора, и может вызвать заболевание легких или другие соматические эффекты.



## 4 МОНИТОРИНГ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АСМ

### 4.1 Описание

Разработка автоматизированной системы мониторинга атмосферного воздуха с использованием контроллеров и датчиков состоит из аппаратной части и разработки программного обеспечения системы. Рабочая среда для разработки специальных приложений настраивается со всеми нужными аппаратными компонентами. В данной главе описывается поэтапное создание аппаратной системы, а затем разработка программного обеспечения и его построение.

### 4.2 Проектирование аппаратной части системы

Данная система представляет собой сборку из нескольких датчиков (DHT-11, SDS011, MQ-135), а также платы Arduino UNO в качестве основного контроллера.

**Arduino Uno** - это микроконтроллер с открытым исходным кодом, основанный на микроконтроллере Microchip ATmega328P и разработанный Arduino.cc. Данная платформа необходима для обработки данных, которые поступают от датчиков. Платформа имеет 14 вход/выходов, через которые осуществляется подключение всех необходимых датчиков [6].

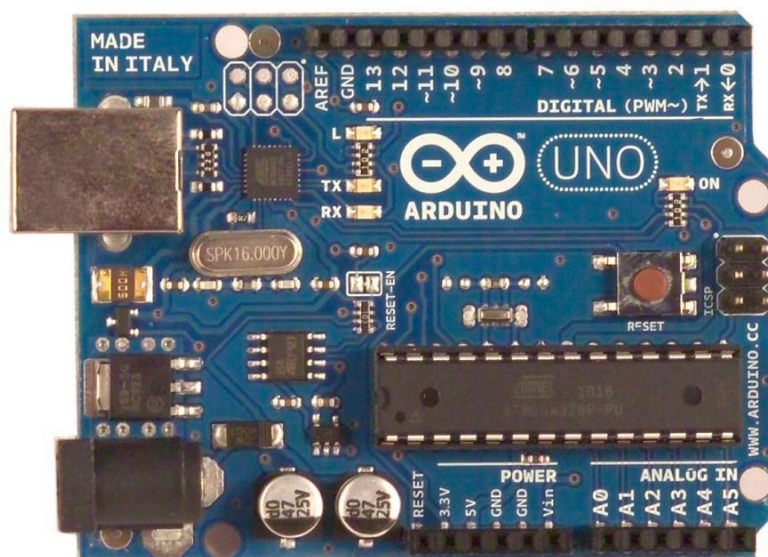


Рисунок 4.2.1 – Платформа Arduino UNO

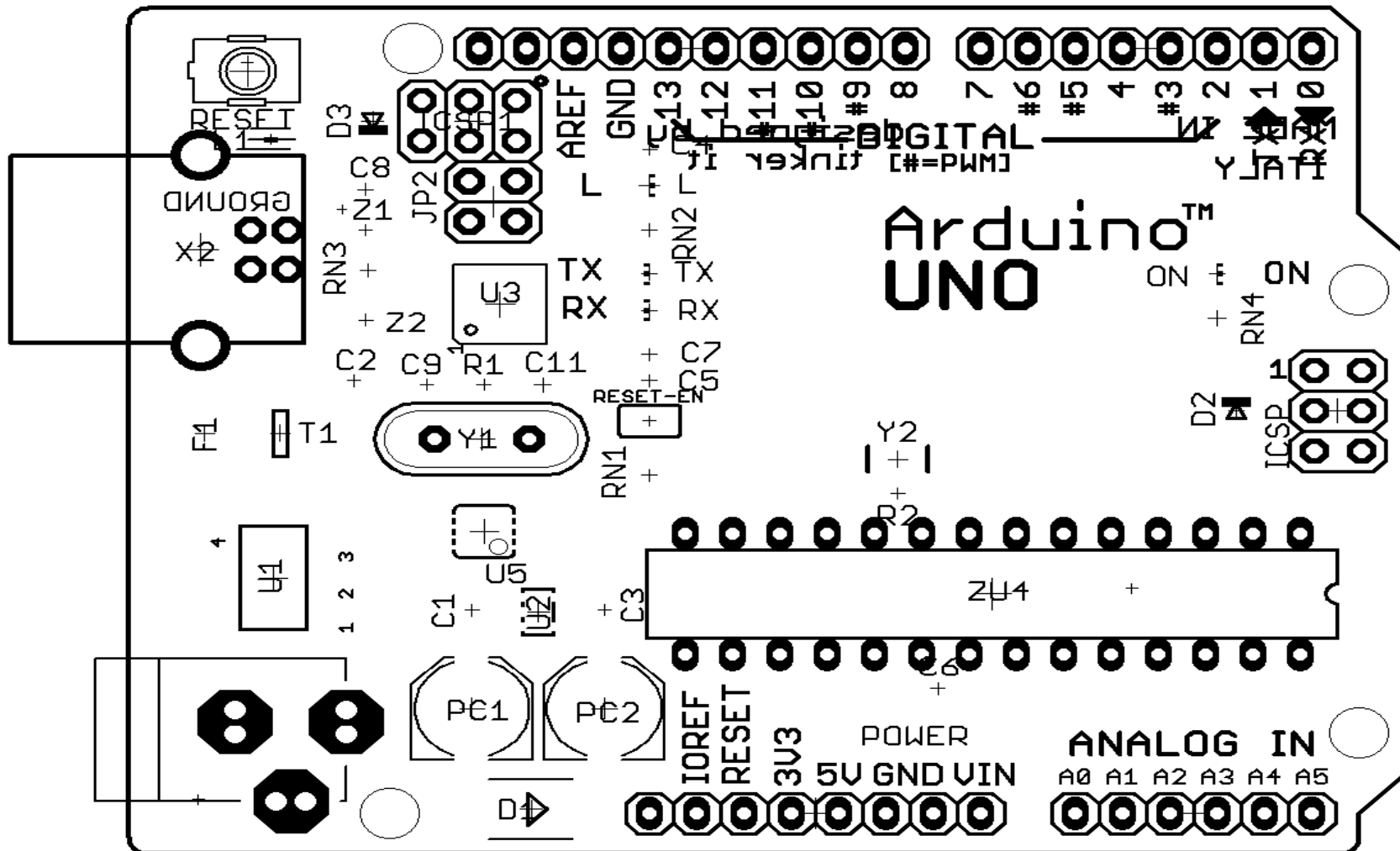


Рисунок 4.2.2 – Схема подключения Arduino UNO

**DHT11** является бюджетным датчиком влажности и температуры, состоящий из термистора и емкостного датчика. Диапазон измерения данного датчик довольно широкий, от 0 до 100% влажности, а также от -40 до +80 градусов цельсия, с погрешностью 0,5 градусов.

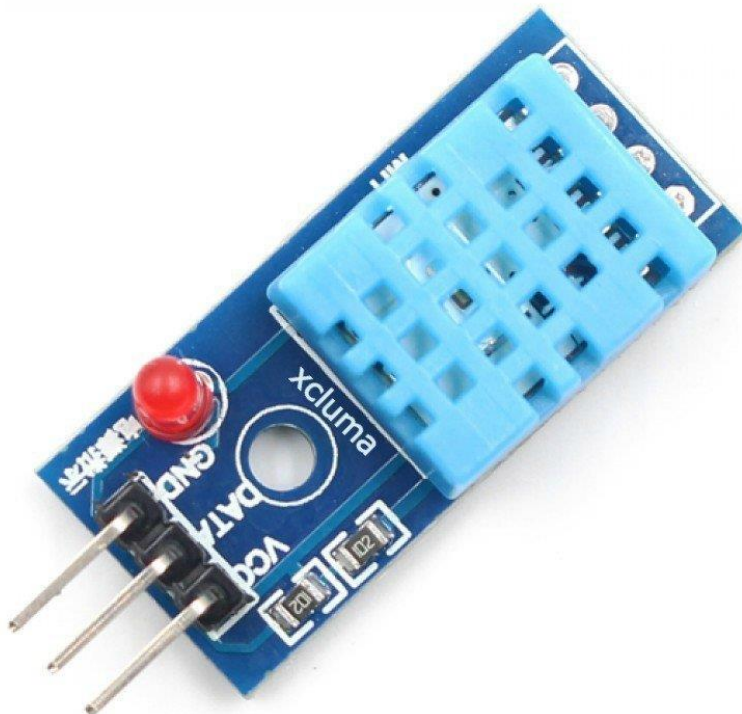


Рисунок 4.2.3 – Датчик DHT11

Для измерения влажности окружающего воздуха данный датчик использует емкостный термистор. Затем выдается цифровой сигнал на вывод данных (подключение аналоговых контактов не требуется). Сама система датчика довольно проста, но для захвата необходимо тщательно рассчитать время. Единственным недостатком этого датчика является то, что вы можете получать от него новые данные только раз в 2 секунды.

Технические детали датчика:

- Низкая стоимость
- От 3 до 5 В питания и ввода-вывода
- Максимальное использование тока 2,5 Ма во время преобразования (при запросе данных)
- Хорошо подходит для показаний влажности 20-80% с точностью до 5%.
- Хорошо для показаний температуры -10 - 50°C ± 2 ° С точность
- Частота дискретизации не более 1 Гц (один раз в секунду)
- Размер корпуса 15,5 мм x 12 мм x 5,5 мм

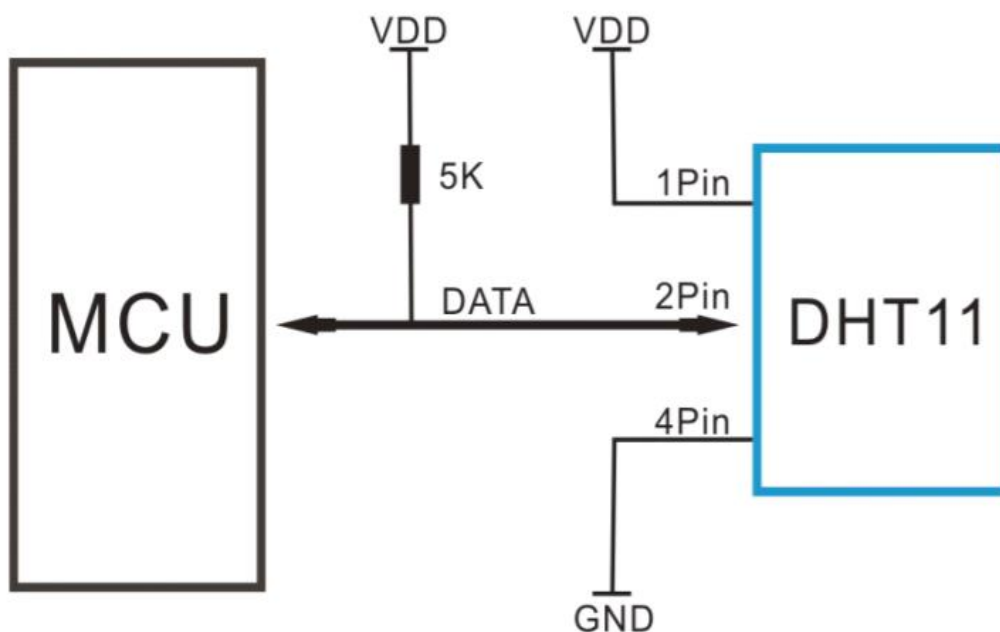


Рисунок 4.2.4 – Схема подключения датчика DHT11

Согласно данной схеме датчик DHT11 подключается непосредственно к микроконтроллеру Arduino UNO через разъем входа/выхода и резистор 5К. Это выводит все значения температуры и влажности на используемы ПК, через специальные прописанные библиотеки.

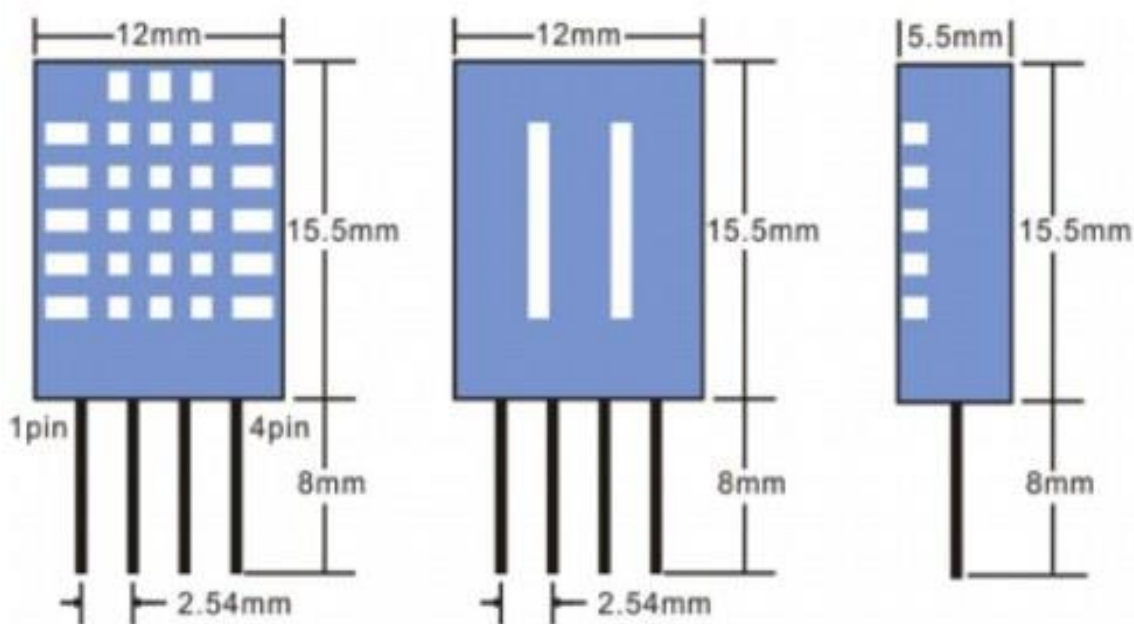


Рисунок 4.2.5 – Модель DHT11

Датчик ультрадисперсных частиц **Nova SDS011**. Данный датчик предназначен для определения качества воздуха путем измерения концентрации ультрадисперсных частиц, размер которых менее 100 нм. Измерение концентрации осуществляется с помощью лазерного сенсора внутри датчика, который определяет количество взвешенных частиц пыли. Сенсор лазера автоматически считывает количество концентрации каждый раз когда ультрадисперсные частицы проходят через зону обнаружения датчика. Для измерения используется эффект затухания или рассеяния лазерного луча [5].

Данный датчик может напрямую подключаться к ПК, а также через микроконтроллеры (Arduino UNO, NodeMCU).



Рисунок 4.2.7 – Датчик Nova SDS011

Диапазон измерения Nova SDS011 составляет от 0 до 999,9 мкг/м<sup>3</sup>. Датчик способен выявлять частицы диаметром 0,3 мкм и крупнее. В том числе категории PM 2.5 и PM 10 погрешность 10%. Датчик всасывает воздух через специальное отверстие, установленное на передней части, затем выдает результат измерения. Формы сигнала, поступаемые в датчики, имеют определенные соотношения с размером частиц (диаметр и количество).

Таблица 4.2.1 – Технические параметры лазерного датчика ультрадисперсных частиц Node SDS011

Наименование	Параметр
Определяемые параметры	PM2.5, PM 10
Диапазон измерения	0-999 мкг/м <sup>3</sup>
Номинальное напряжение	5 В
Номинальный ток	70 мА ± 10 мА
Температурный диапазон	-20 ~+ 60 °С
Диапазон влажности	Максимум 90%
Давление	86 кПа ~ 110 кПа
Время ответа	1 -10 сек
Частота выхода данных	1 Гц
Минимальный размер определяемых частиц	0,3 мкм
Размеры	71мм x 70мм x 23мм
Аттестация	CE / FCC / RoHS

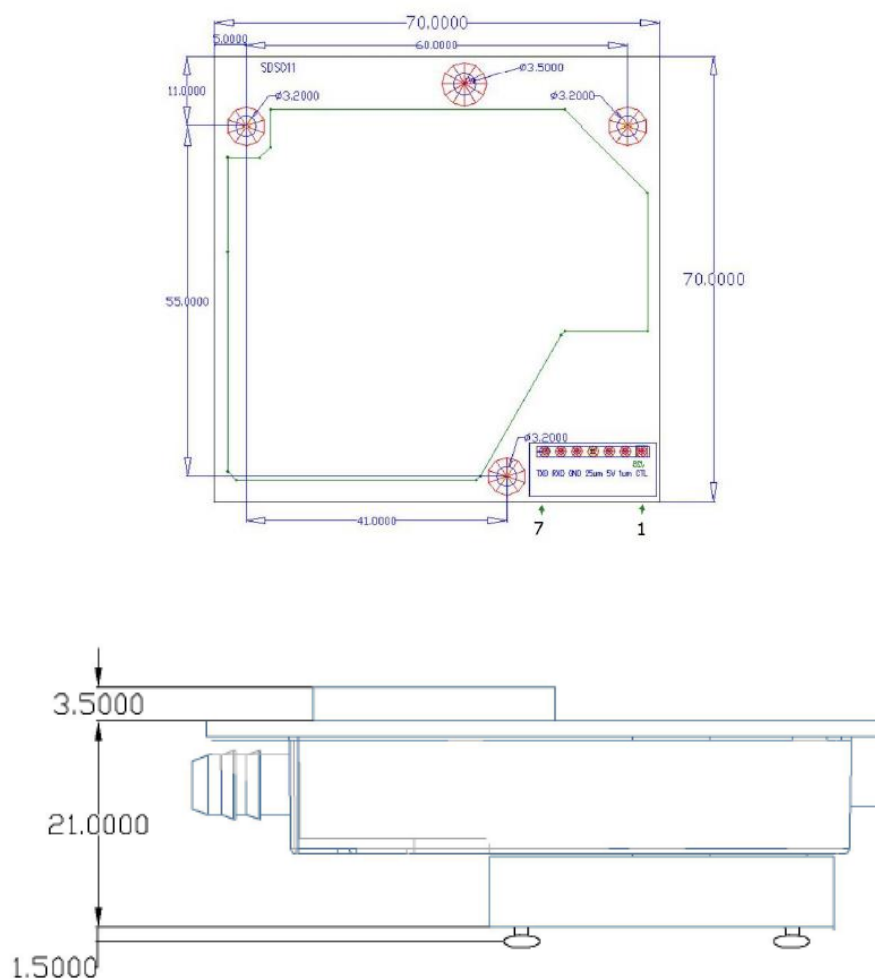


Рисунок 4.2.8 – Размеры ультрадисперсного датчика

Таблица 4.2.2 – Характеристика ультрадисперсного датчика Nova SDS011

Выход	Название	Характеристика
1	NC	Без соединения
2	1мкм	PM2.5: 0-999мкг/м <sup>3</sup> ; ВЫХОД PWM
3	5В	Вход 5В
4	2,5 мкм	PM 10: 0-999 мкг/м <sup>3</sup> ; ВЫХОД PWM
5	GND	Заземление
6	R	RX по UART (TTL) - 3.3 В
7	T	RX по UART (TTL) - 3.3 В

*Примечание: расстояние между разъемами 2,54 мм.*

Протокол связи UART:

Битрейт – 9600;

Бит данных – 8;

Бит четности – нет;

Стоповый бит – 1;

Частота передачи данных – 1Гц.

Таблица 4.2.3 – Техническая характеристика лазерного датчика пыли SDS011

Бит	Название	Характеристика
0	Заголовок сообщения	AA
1	Номер команды	C0
2	ДАТА 1	PM2.5 низкий байт
3	ДАТА 2	PM2.5 высокий байт
4	ДАТА 3	PM 10 низкий байт
5	ДАТА 4	PM 10 высокий байт
6	ДАТА 5	ID байт 1
7	ДАТА 6	ID байт 2
8	СУММА	Check-sum
9	Завершающее сообщение	AB

Check-sum: ДАТА1+ДАТА2+...+ДАТА6

Показатель PM2.5:  $PM2.5 \text{ (мкг/м}^3\text{)} = ((PM2.5 \text{ высокий байт} * 256) + PM2.5 \text{ низкий байт})/10.$

Показатель PM10:  $PM10 \text{ (мкг/м}^3\text{)} = ((PM10 \text{ высокий байт} * 256) + PM10 \text{ низкий байт})/10.$

Датчик газа **MQ-135**, предназначен для определения концентрации вредных и опасных газов в воздушной среде. Диапазон измерений:

Аммиак – 10 – 300 ppm

Бензин – 10 – 1000 ppm

Алкоголь – 10 – 300 ppm

Принцип работы датчика основывается на изменении сопротивления тонкопленочного слоя диоксида олова при контакте с определяемым газом. Значение сопротивления MQ-135 является разницей для различных видов и газов различной концентрации. Данные компоненты необходимы для регулировки точности.



Рисунок 4.2.9 – Датчик MQ-135

Характеристики датчика MQ-135:

- Широкий диапазон обнаружения
- Быстрая реакция и высокая чувствительность
- Стабильная и долгая жизнь
- Рабочее напряжение +5В
- Обнаружение / измерение NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, алкоголя, бензола, дыма, CO<sub>2</sub>;
- Аналоговое выходное напряжение: от 0В до 5В
- Цифровое выходное напряжение: 0В или 5В (ТТЛ логики)
- Продолжительность предварительного нагрева 20 секунд



- Может использоваться как цифровой или аналоговый датчик

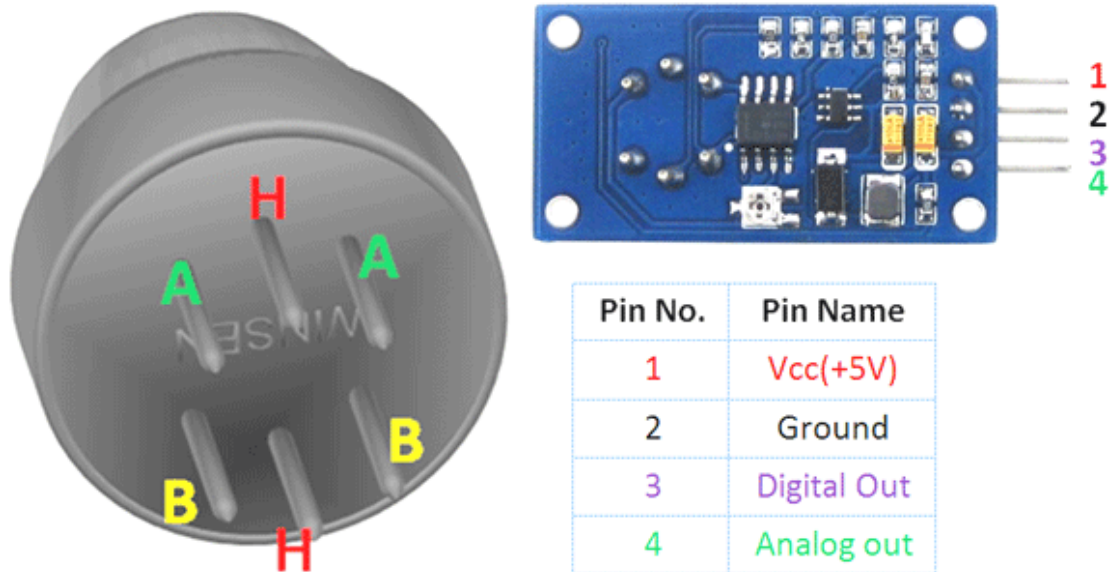


Рисунок 4.2.10 – Схема подключения MQ-135

### 4.3 Проектирование программной части системы

Программная часть автоматизированной системы мониторинга делится на две части. Первая часть содержит программирование платы Arduino. С помощью комплексного приложения Arduino был прописан код для считывания данных поступающие с датчиков, а также для дальнейшего анализа. Вторая часть содержит разработку графического интерфейса для ПК. С помощью программы Parallax Data Acquisition (PLX-DAQ) был создан интерфейс позволяющий сохранять данные в удобном формате для пользователей. Зачастую данные поступающие с датчиков сохраняются в табличном формате.

#### 4.3.1 Программирование платы Arduino

Arduino IDE – это кроссплатформенное приложение написанное на языках C++ и C. Данное приложение используется для написания и загрузки программ (код) в плату Arduino для обработки и анализа данных. Написанный пользователем код требует только двух основных функций, для запуска эскиза и основного цикла программы, которые компилируются и связываются с программой.

Для используемых датчиков был прописан код для считывания показания датчиков, а также для их обработки. Сам код выглядит таким образом:

```
#include <MQUnifiedsensor.h>
#include "SdsDustSensor.h"
```

```

#include "DHT.h"
int row_excel = 0;
int rxPin = 7;
int txPin = 8;
SdsDustSensor sds(rxPin, txPin);
#define DHTPIN A0 // Digital pin connected to the DHT sensor
#define DHTTYPE DHT11 // DHT 11
#define pin A1 //Analog input 0 of your arduino
#define type 135 //MQ135
MQUnifiedsensor MQ135(pin, type);
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
void setup() {
  - Serial.begin(9600);
  - sds.begin();
  - dht.begin();
  - MQ135.inicializar();
  - Serial.println("CLEARDATA"); // очистка листа excel
  - Serial.println("LABEL,Time,Hum(%),
Temp(C^0),PM2.5(p.p.m),PM10(p.p.m),CO(p.p.m),CO2(p.p.m),NH4(p.p.m),
Num Rows");
  void loop() {
    - float h = dht.readHumidity();
    - float t = dht.readTemperature();
    - float f = dht.readTemperature(true);
    PmResult pm = sds.readPm();
    MQ135.update();
    - float CO = MQ135.readSensor("CO"); // Return CO
concentration
    - float CO2 = MQ135.readSensor("CO2"); // Return CO2
concentration
    - float NH4 = MQ135.readSensor("NH4"); // Return NH4
concentration
    row_excel++;
    - Serial.print("DATA,TIME,"); // запись в excel текущей даты и
времени
    - Serial.print(h);
    - Serial.print(",");
    - Serial.print(t);
    - Serial.print(",");
    - Serial.print(pm.pm25);
    - Serial.print(",");
    - Serial.print(pm.pm10);
    - Serial.print(",");

```

```

– Serial.print(CO,2);
– Serial.print(",");
– Serial.print(CO2,2);
– Serial.print(",");
– Serial.print(NH4,2);
– Serial.print(",");
– Serial.println(row_excel);
  if (row_excel > 100){
    row_excel = 0;
    Serial.println("ROW,SET,2");
    delay(2000);

```

Данный код отвечает за анализ и выдачу информации с используемых датчиков (Node SDS011, DHT11, MQ135). Согласно прописанному коду, датчики будут выдавать информацию каждую секунду.

```

arduino_code | Arduino 1.8.10
Файл Правка Скетч Инструменты Помощь
arduino_code $
#include <MQUnifiedSensor.h>
#include "SdsDustSensor.h"
#include "DHT.h"
int row_excel = 0;
int rxPin = 7;
int txPin = 8;
SdsDustSensor sds(rxPin, txPin);
#define DHTPIN A0 // Digital pin connected to the DHT sensor
#define DHTTYPE DHT11 // DHT 11
#define pin A1 //Analog input 0 of your arduino
#define type 135 //MQ135
MQUnifiedSensor MQ135(pin, type);
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  sds.begin();
  dht.begin();
  MQ135.inicializar();
  Serial.println("CLEARDATA"); // очистка листа excel
  Serial.println("LABEL,Time,Hum(%) , Temp(C°), PM2.5(p.p.m), PM10(p.p.m),CO(p.p.m),CO2(p.p.m),NH4(p.p.m), Num Rows");
}
void loop() {
  float h = dht.readHumidity();
  float t = dht.readTemperature();
  float f = dht.readTemperature(true);
  PmResult pm = sds.readPm();
  MQ135.update();
  float CO = MQ135.readSensor("CO"); // Return CO concentration

```

Рисунок 4.3.1.1 – Интерфейс Arduino UNO

### 4.3.2 Программирование графической части PLX-DAQ

Parallax Data Acquisition (PLX-DAQ) является программной настройкой для Microsoft Excel, способны разбивать полученные данные на столбцы. PLX-DAQ обеспечивает легкий анализ данных в электронные таблицы, собранных в полевых условиях, к примеру, лабораторный анализ датчиков и мониторинг оборудования в режиме реального времени. PLX-DAQ имеет следующие особенности:

- Построение графика или графика данных по мере их поступления в реальном времени с помощью Microsoft Excel
- Запись до 26 столбцов данных
- Данные в реальном времени (чч: мм: СС) или в секундах с момента сброса
- Чтение / запись любой ячейки на листе
- Чтение / установка любого из 4 флажков на панели управления интерфейсом
- Пример кода для BS2, SX (SX/V) и пропеллера доступен
- Скорость передачи данных до 128 КБОД
- Поддержка Com1-15

The image shows two screenshots of the PLX-DAQ software interface. The top screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet with a cell in column A containing the text "Connect using 'PLX-DAQ Simple Test'". A dialog box titled "Data Acquisition for Excel" is overlaid on the spreadsheet. The dialog box has a "Control" section with four checkboxes: "Download Data", "Clear Stored Data", "User1", and "User2". The "Settings" section includes "Port: 9" and "Baud: 128000". There are buttons for "Connect", "Reset Timer", and "Clear Columns". A "Reset on Connect" checkbox is checked. Below the settings are three colored buttons labeled "C", "R", and "T". At the bottom, there are fields for "Controller Messages" and "PLX-DAQ Status".

The bottom screenshot shows the same software interface with a data acquisition window displaying a table of data. The table has the following columns: Time, Hum(%), Temp(C^0), PM2.5(p.p.m), PM10(p.p.m), CO2, and Num Rows. The data is as follows:

Time	Hum(%)	Temp(C^0)	PM2.5(p.p.m)	PM10(p.p.m)	CO2	Num Rows
13:48:16	19,00	27,9	84,4	114,6	43,66	1
13:48:17	19,00	27,9	84,5	114,7	43,36	2
13:48:19	19,00	27,9	84,9	115,1	43,36	3
13:48:20	19,00	27,9	85,1	114,1	42,13	4
13:48:21	19,00	28,1	85,2	115,2	41,83	5
13:48:22	19,00	28,1	85,3	115,7	42,13	6
13:48:23	19,00	28	85,6	115,5	43,36	7
13:48:24	19,00	28	85,6	114,6	43,36	8
13:48:25	19,00	28,2	85,7	114,9	43,36	9
13:48:26	19,00	28,2	85,2	113,7	43,98	10
13:48:27	19,00	28	85,4	114,3	43,05	11
13:48:29	19,00	28	84,8	113,8	42,13	12
13:48:30	19,00	28,2	84,6	113,1	41,83	13
13:48:31	19,00	28,2	84,5	112,4	43,36	14
13:48:32	19,00	28,2	84,6	112,3	44,92	15
13:48:33	19,00	28,2	84,1	112,3	45,55	16
13:48:34	19,00	28,4	84,7	113,7	45,87	17
13:48:35	19,00	28,4	84,5	113,1	44,92	18
13:48:36	19,00	28,4	84,7	114,3	44,6	19
13:48:38	19,00	28,4	85,8	114,9	46,2	20

The dialog box in the bottom screenshot is titled "Data Acquisition for Excel" and shows the "Control" section with the same four checkboxes. The "Settings" section shows "Port: 3" and "Baud: 9600". The "Reset on Connect" checkbox is checked. The "Controller Messages" field shows "Disconnected".

Рисунок 4.3.2.1 – Интерфейс программы PLX-DAQ

## 4.4 Принцип работы АСМ

Датчики ультрадисперсных частиц, газов, влажности и температуры подключаются к платформе Arduino UNO, для передачи данных в ПК и дальнейшей обработки. Обработка данных осуществляется с помощью приложения Arduino и PLX-DAQ. После обработки в интерфейсе программ появятся данные, которые поступают с подключенных датчиков. Далее полученные результаты можно синхронизировать с локальной сетью.

Также существует возможность воспроизведение полученных результатов на электронные билборды города.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
							Num			
1	Time	Hum(%)	Temp(C^0)	PM2.5	PM10	CO2	Rows			
2	15:44:12	33,00	17,00	0,002	0,023	83,66	1			
3	15:44:13	32,00	17,00	0,002	0,025	83,36	2			
4	15:44:14	32,00	17,00	0,001	0,025	83,36	3			
5	15:44:15	33,00	17,00	0,002	0,024	83,36	4			
6	15:44:16	34,00	18,00	0,002	0,024	83,36	5			
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										

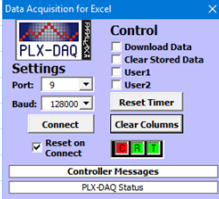


Рисунок 4.4.1 – Получение данных с датчиков

Используемые датчики подключаются к плате Arduino параллельно, сама плата подключается к ПК через разъем USB. Наглядная схема представлена на рисунке 4.4.2.

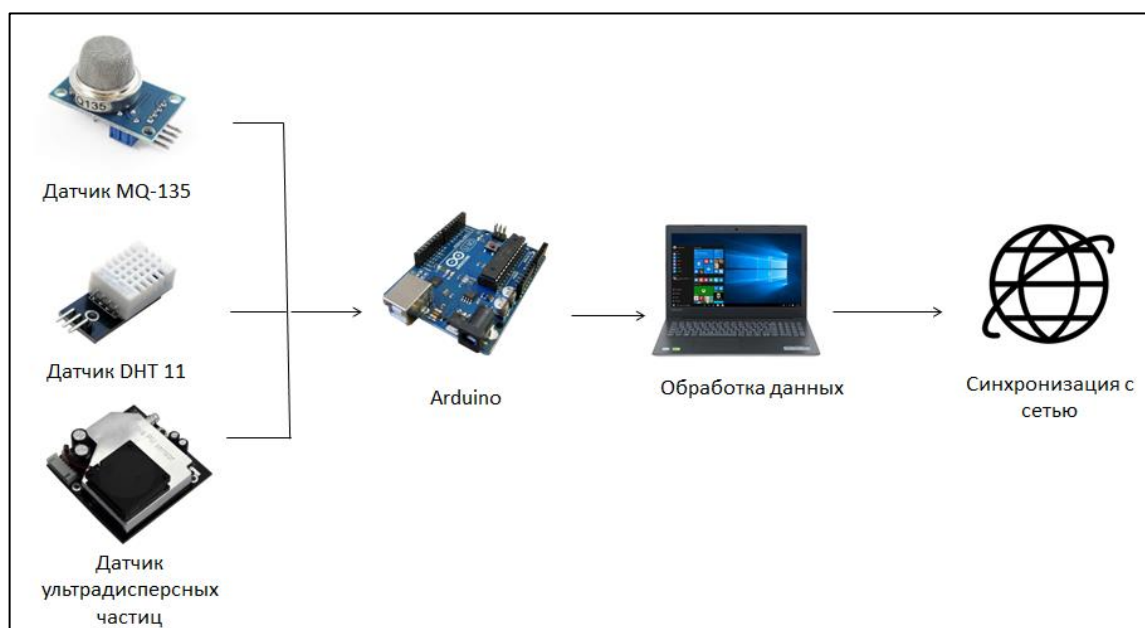


Рисунок 4.4.2 – Архитектура АСМ

## 5 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ И РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА

### 5.1 Описание

В данной части описывается полный обзор экспериментов, проведенных с автоматизированной системой мониторинга. В данной главе так же приводятся результаты автоматизированной системы мониторинга и сравнение полученных результатов с предельно-допустимой концентрацией ультрадисперсных частиц PM<sub>2.5</sub> и PM<sub>10</sub>.

Эксперименты с использованием автоматизированной системы мониторинга проводились в городе Алматы. Система с датчиками были установлены в двух точка города. Точки установки датчиков были определены на пересечения улиц Бауыржана Момышулы и Раймбека, а также проспектов Сейфуллина и Рыскулова. Главной причиной установки автоматизированной системы мониторинга на этих пересечениях стало чрезмерная транспортная загруженность. К примеру, на пересечении улиц Момышулы – Раймбека расположены крупные автосервисные центры, а также станции технического обслуживания автотранспорта. По этой причины на данном участке города можно наблюдать большое скопление автотранспортов. Ниже представлена карта улиц (рис. 5.1.1 и 5.1.2). Карта была взята с приложения 2GIS, где красным цветовым индикатором выделяются наиболее загруженные автотранспортом улицы.

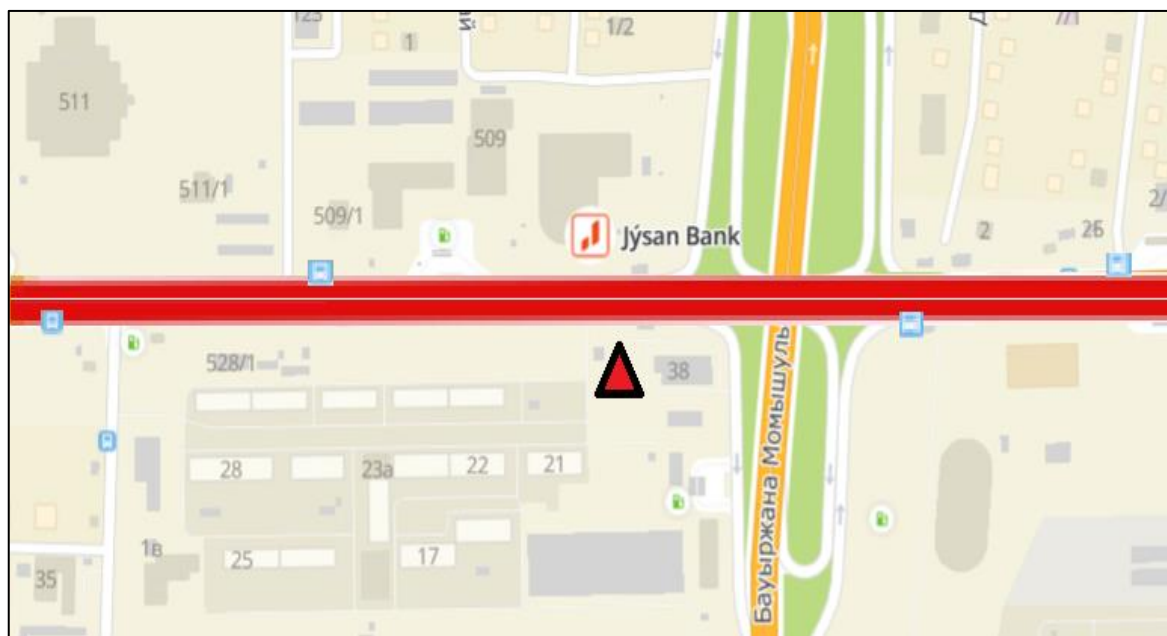


Рисунок 5.1.1 – Пересечение Момышулы - Раймбека

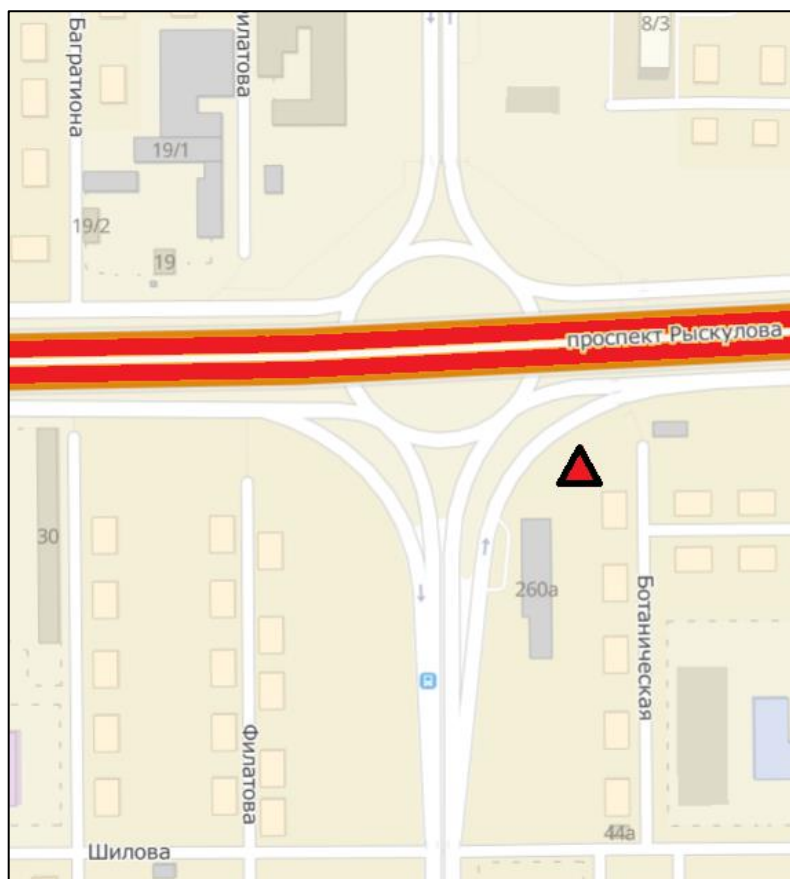


Рисунок 5.1.2 – Пересечение Сейфуллина – Рыскулова

## 5.2 Результаты мониторинга системы

В результате мониторинга данной системы были получены следующие результаты. Все данные приведены ниже в таблицах. Данные ультрадисперсных частиц приведены в  $\text{мг}/\text{м}^3$ .



Рисунок 5.2.1 – АСМ в собранном виде

Таблица 5.2.1 – Показания датчиков в утреннее время. Пересечение Сейфуллина – Рыскулова.

Date	Time	Hum(%)	Temp(C^0)	PM2.5	PM10	CO <sub>2</sub>
17.02.2020	08:05:24	33,00	-6,00	0,094	0,144	80,11
	08:05:25	33,00	-6,00	0,092	0,143	80,47
	08:05:26	33,00	-7,00	0,093	0,144	80,35
	08:05:27	34,00	-7,00	0,091	0,145	80,62
	08:05:28	34,00	-7,00	0,092	0,143	80,74
	08:05:29	33,00	-6,00	0,094	0,144	80,86
	08:05:30	34,00	-6,00	0,093	0,146	80,76
	08:05:31	33,00	-6,00	0,094	0,144	80,93
	08:05:32	33,00	-6,00	0,093	0,145	81,22
	08:05:33	33,00	-6,00	0,095	0,146	80,98
	08:05:34	34,00	-6,00	0,094	0,143	80,56
	08:05:35	34,00	-7,00	0,095	0,145	80,62
	08:05:36	33,00	-7,00	0,093	0,144	81,13
	08:05:37	33,00	-6,00	0,092	0,145	80,91
	08:05:38	34,00	-7,00	0,095	0,146	81,24

Таблица 5.2.2 – Показания датчиков в вечернее время. Пересечение Сейфуллина – Рыскулова.

Date	Time	Hum(%)	Temp(C^0)	PM2.5	PM10	CO <sub>2</sub>
17.02.2020	17:23:11	27,00	0,00	0,130	0,191	83,66
	17:23:12	27,00	1,00	0,132	0,193	83,36
	17:23:13	27,00	0,00	0,133	0,194	83,36
	17:23:14	27,00	0,00	0,132	0,193	83,36
	17:23:15	27,00	0,00	0,134	0,192	83,36
	17:23:16	28,00	-1,00	0,131	0,193	83,36
	17:23:17	28,00	-1,00	0,132	0,193	83,36
	17:23:18	28,00	-1,00	0,134	0,195	83,66
	17:23:19	28,00	-1,00	0,133	0,194	83,52
	17:23:20	28,00	0,00	0,135	0,193	83,48
	17:23:21	27,00	0,00	0,134	0,195	83,96
	17:23:22	28,00	-1,00	0,132	0,194	84,11
	17:23:23	28,00	0,00	0,131	0,192	84,03
	17:23:24	29,00	0,00	0,135	0,193	83,79
	17:23:25	28,00	0,00	0,134	0,195	83,91



Таблица 5.2.3 – Показания датчиков в утреннее время. Пересечение Момышулы - Раймбека.

Date	Time	Hum(%)	Temp(C^0)	PM2.5	PM10	CO2
18.02.2020	08:38:16	30,00	-8,00	0,084	0,161	85,24
	08:38:17	31,00	-8,00	0,083	0,163	85,24
	08:38:18	31,00	-8,00	0,085	0,163	86,24
	08:38:19	31,00	-7,00	0,084	0,162	86,24
	08:38:20	31,00	-6,00	0,085	0,161	84,24
	08:38:21	30,00	-7,00	0,086	0,162	85,79
	08:38:22	31,00	-7,00	0,085	0,162	85,14
	08:38:23	31,00	-6,00	0,087	0,162	86,91
	08:38:24	31,00	-7,00	0,084	0,163	86,79
	08:38:25	31,00	-7,00	0,086	0,164	86,79
	08:38:26	31,00	-7,00	0,085	0,164	86,79
	08:38:27	31,00	-8,00	0,087	0,164	85,11
	08:38:28	30,00	-7,00	0,086	0,164	86,17
	08:38:29	31,00	-7,00	0,086	0,164	86,89
	08:38:29	31,00	-7,00	0,087	0,164	86,89

Таблица 5.2.4 – Показания датчиков в вечернее время. Пересечение Момышулы - Раймбека.

Date	Time	Hum(%)	Temp(C^0)	PM2.5	PM10	CO2
17.02.2020	18:19:26	22,00	2,00	0,144	0,202	89,24
	18:19:27	22,00	2,00	0,143	0,202	89,24
	18:19:28	22,00	2,00	0,144	0,203	89,24
	18:19:29	22,00	2,00	0,145	0,203	89,24
	18:19:30	21,00	1,00	0,143	0,202	89,24
	18:19:31	21,00	2,00	0,144	0,202	88,79
	18:19:32	21,00	2,00	0,145	0,202	89,14
	18:19:33	21,00	2,00	0,145	0,203	88,91
	18:19:34	22,00	2,00	0,144	0,203	88,79
	18:19:35	22,00	2,00	0,145	0,203	88,79
	18:19:36	22,00	2,00	0,144	0,202	88,79
	18:19:37	20,00	2,00	0,145	0,202	89,11
	18:19:38	20,00	1,00	0,144	0,203	89,17
	18:19:39	20,00	1,00	0,144	0,203	88,89
	18:19:40	21,00	1,00	0,145	0,203	88,76

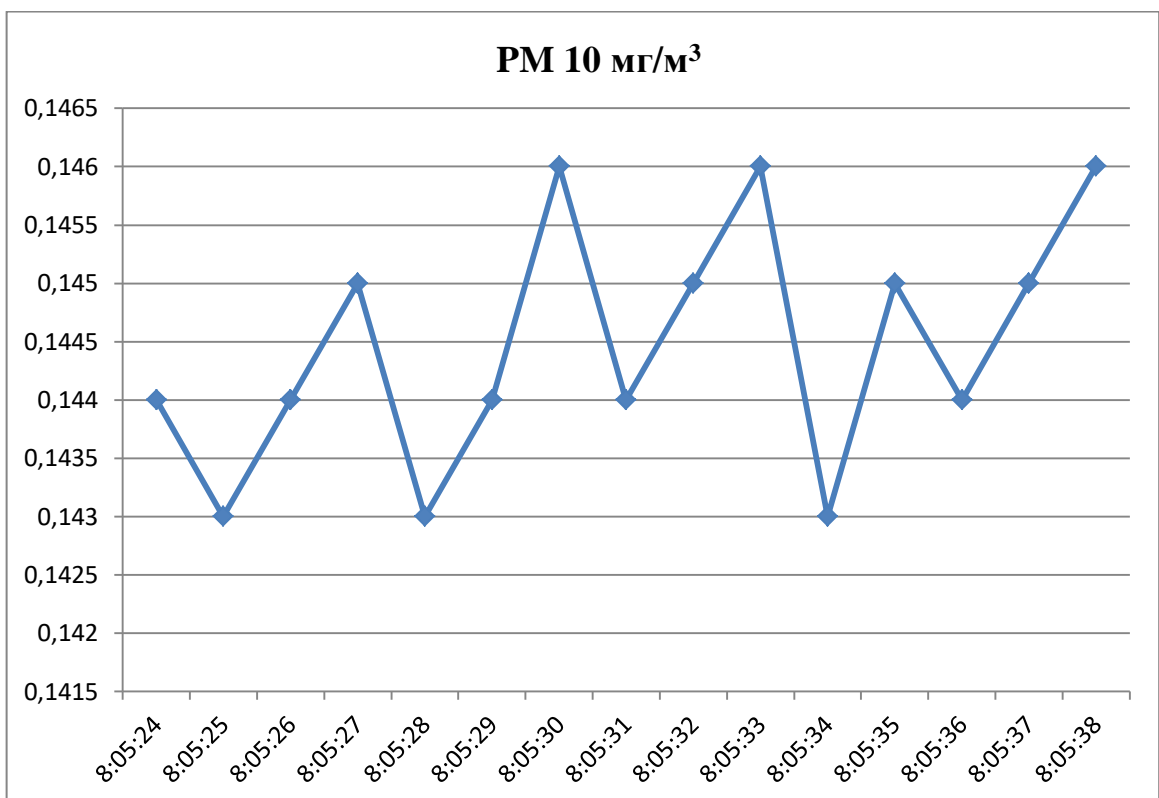
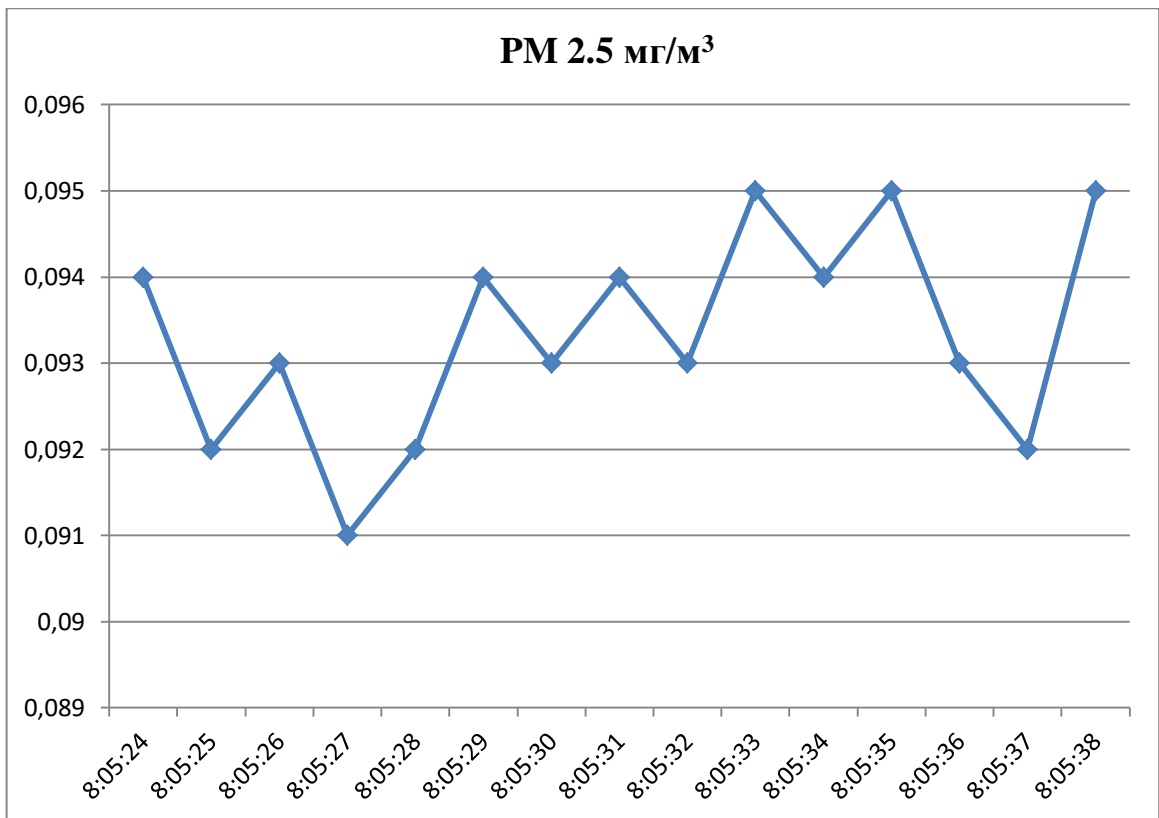


Рисунок 5.2.2 – График изменения концентрации ультрадисперсных частиц в утреннее время. Пересечение Сейфуллина – Рыскулова.

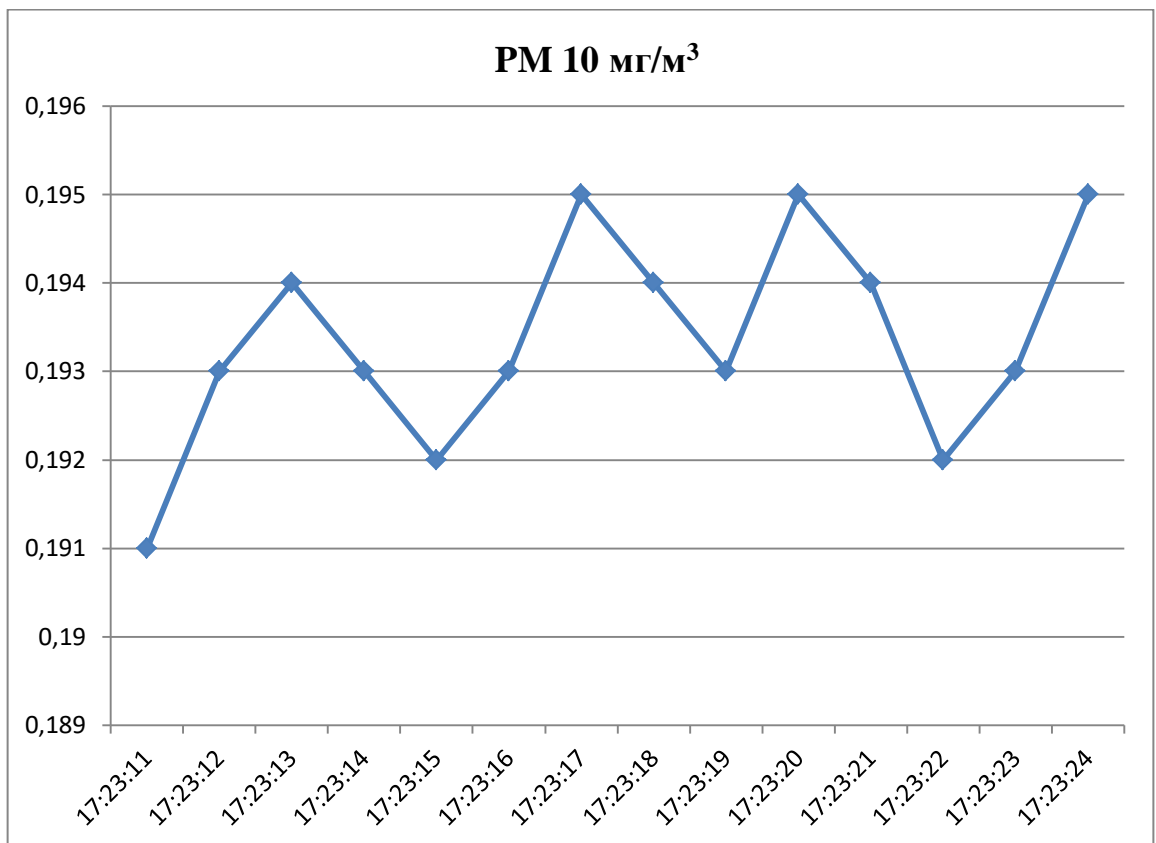
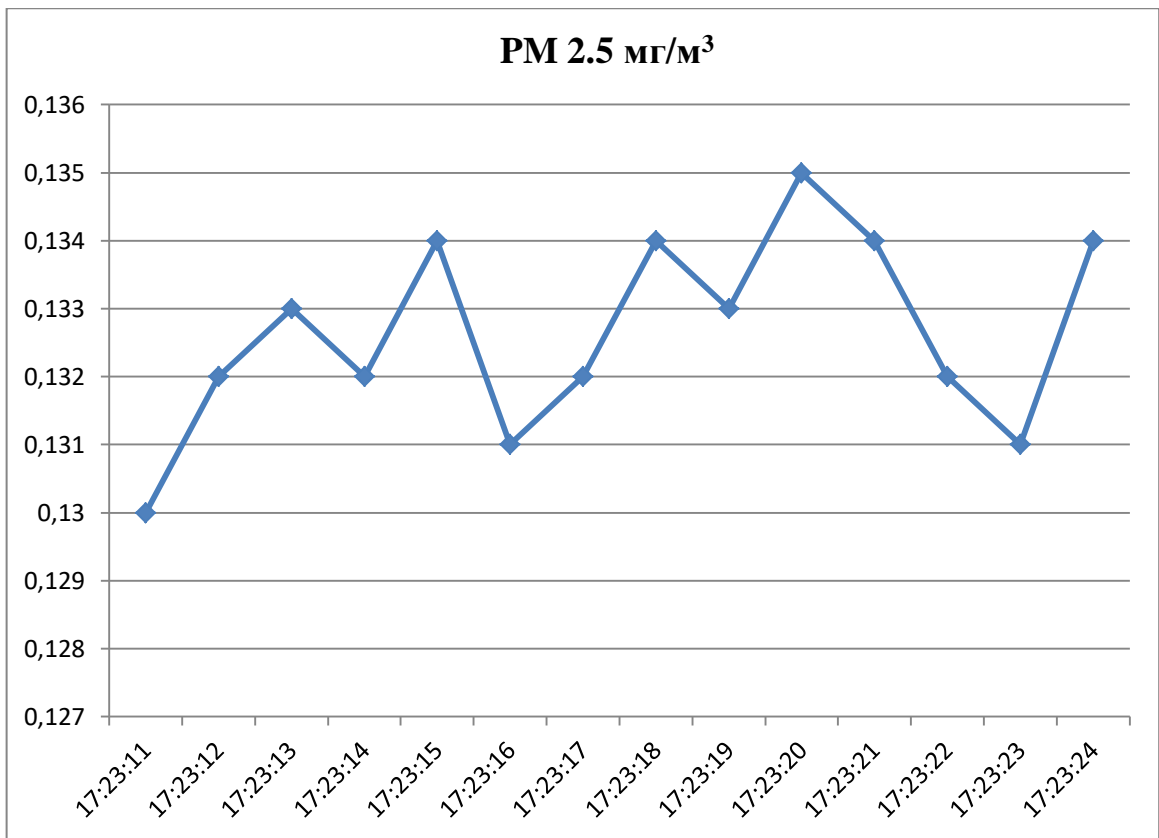


Рисунок 5.2.3 – График изменения концентрации ультрадисперсных частиц в вечернее время. Пересечение Сейфуллина – Рыскулова.

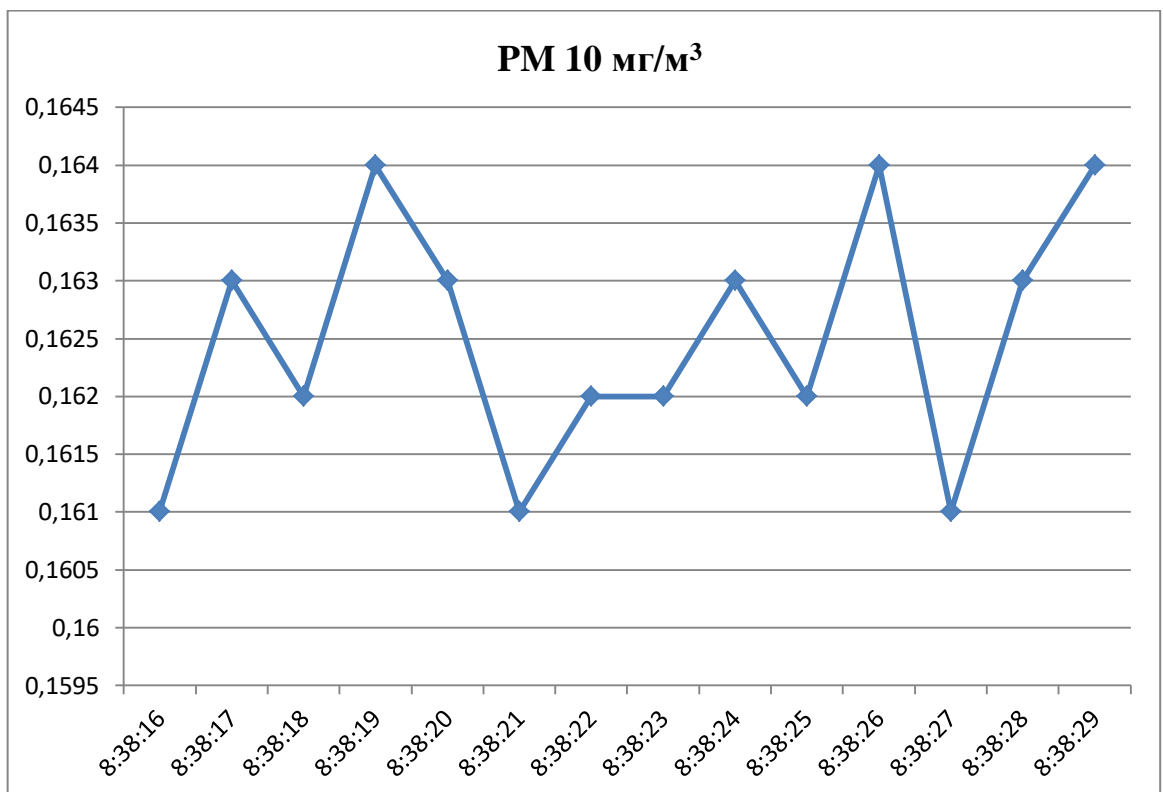
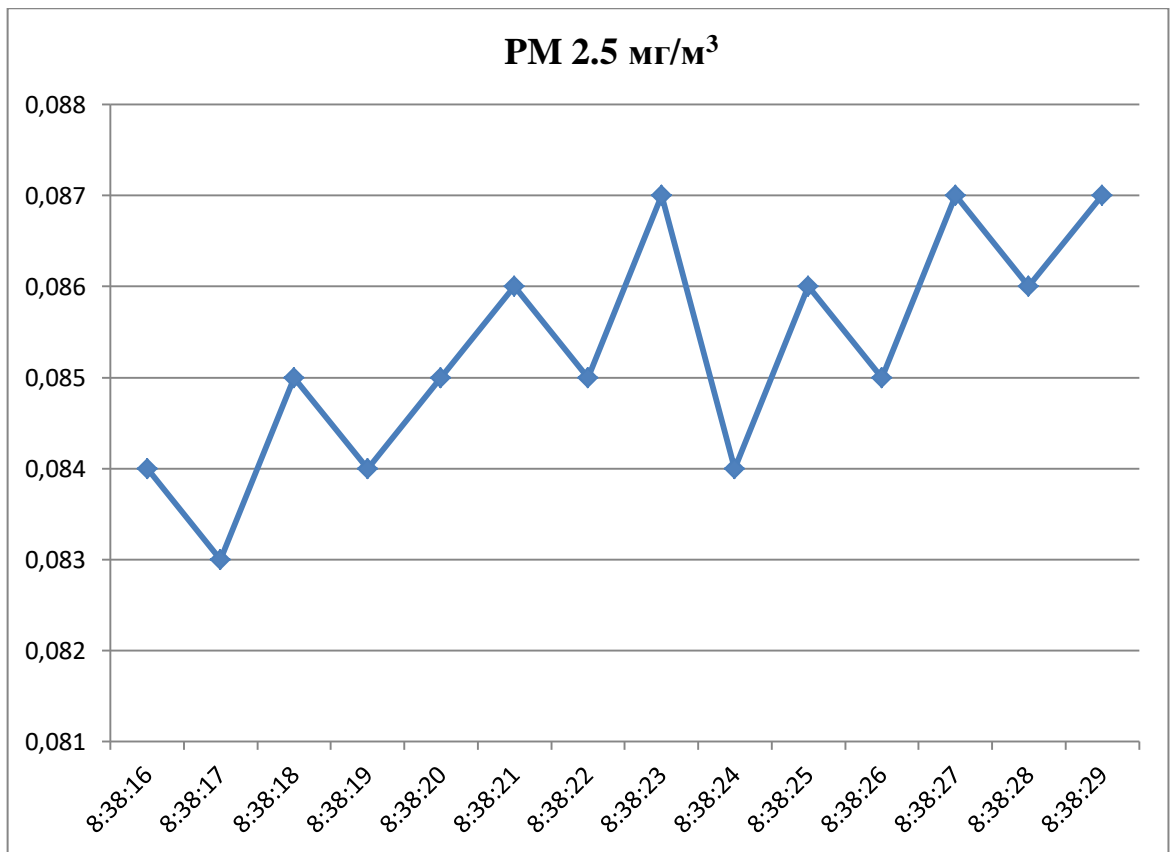


Рисунок 5.2.4 – График изменения концентрации ультрадисперсных частиц в утреннее время. Пересечение Момышулы – Райымбека.

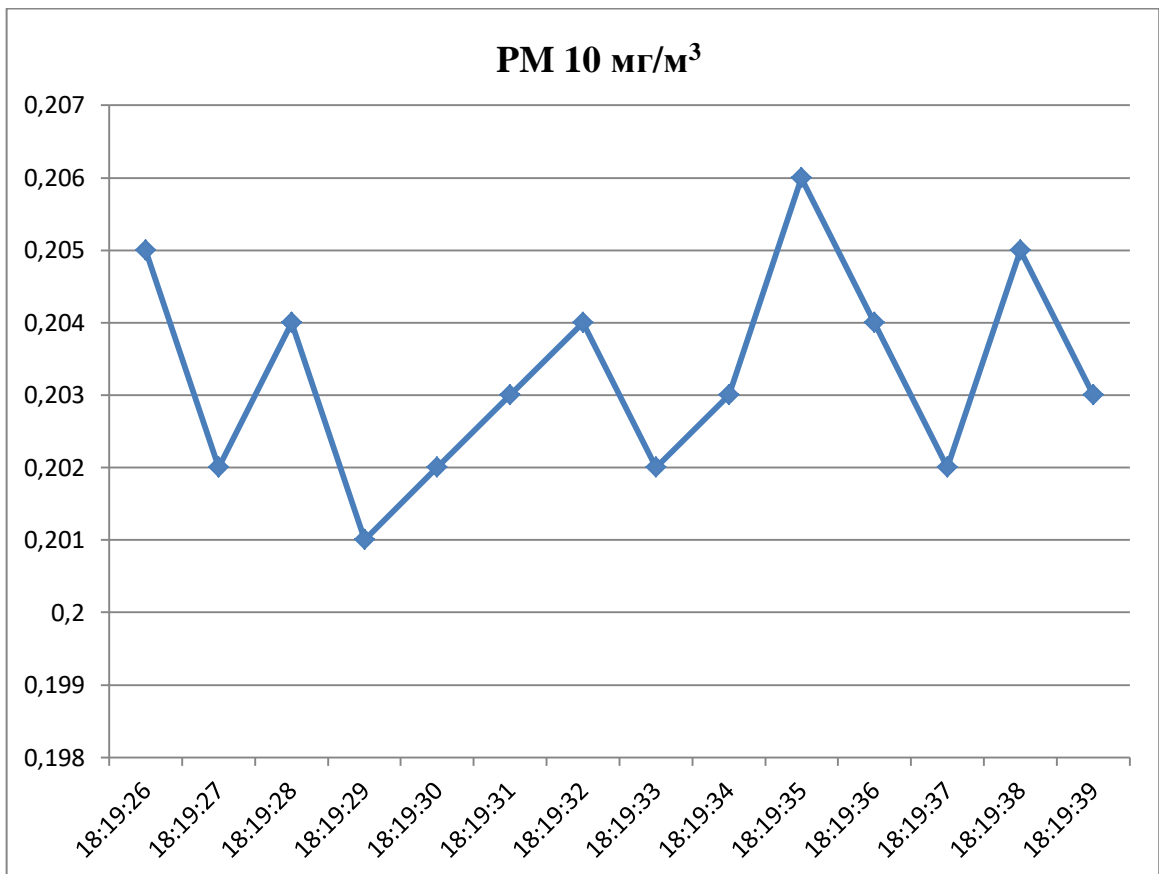
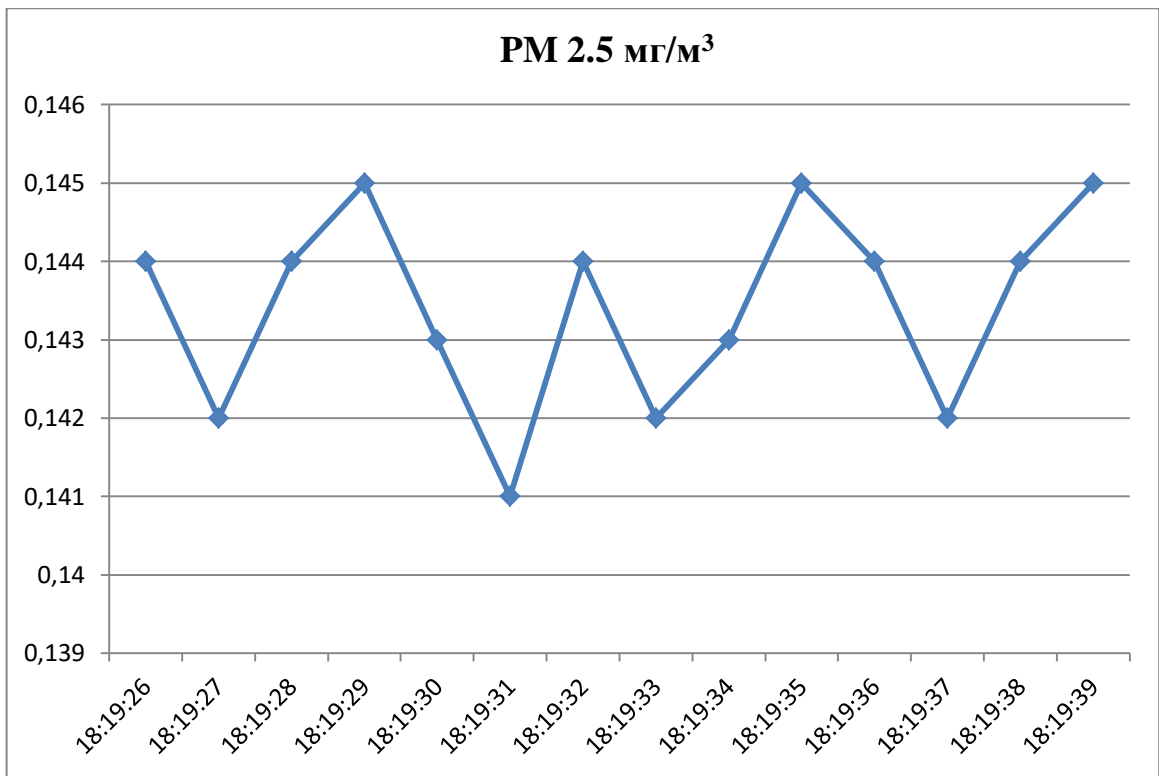


Рисунок 5.2.5 – График изменения концентрации ультрадисперсных частиц в вечернее время. Пересечение Момышулы – Райымбека.

### 5.3 Отчет по результатам мониторинга

По итогам системного мониторинга атмосферного воздуха г. Алматы был разработан отчет согласно правилу ведения автоматизированного мониторинга эмиссий в окружающую среду. Данный отчет содержит в себе результаты проведенного мониторинга, т.е. фактические концентрации ультрадисперсных частиц РМ 2.5 и РМ 10, а также кратность превышения ПДК РК.

Таблица 5.3.1 – Отчет по результатам мониторинга ультрадисперсных частиц РМ 2.5 и РМ 10

Точки отбора проб	Наименование загрязняющих веществ	Фактическая концентрация (мг/м <sup>3</sup> )	Норма ПДК (мг/м <sup>3</sup> )	Наличие превышения ПДК, кратность
Сейфуллина – Рыскулова	РМ 2.5	0,135	0,035	3,85
	РМ 10	0,196	0,06	3,26
Момышулы – Райымбека	РМ 2.5	0,145	0,035	4,14
	РМ 10	0,203	0,06	3,38

Кратность деления устанавливается путем деления фактической концентрации ультрадисперсных частиц на величину ПДК РК. Вычисляется согласно формуле:

$$K = \frac{C}{\text{ПДК}}, \quad (5.1)$$

С – фактическая концентрация ультрадисперсных частиц в воздухе;

ПДК – предельно-допустимая концентрация ультрадисперсных частиц РМ 2.5 и РМ 10 согласно нормативу РК.

Кратность превышения РМ 2.5 на пересечении Сейфуллина – Рыскулова:

$$K = \frac{0,135}{0,035} = 3,85;$$

Кратность превышения РМ 2.5 на пересечении Момышулы – Райымбека:

$$K = \frac{0,145}{0,035} = 4,14;$$

Кратность превышения РМ 10 на пересечении Сейфуллина - Рыскулова:

$$K = \frac{C}{\text{ПДК}} = \frac{0,196}{0,06} = 3,26;$$

Кратность превышения РМ 10 на пересечении Момышулы – Райымбека:

$$K = \frac{C}{\text{ПДК}} = \frac{0,203}{0,06} = 3,38;$$

Общая стоимость данной автоматизированной системы оценивается приблизительно в 40 \$ и 10 \$ для отдельно устанавливаемых датчиков. Учитывая низкую стоимость системы, а также ее эффективность можно сказать об актуальности разработки данной системы мониторинга. Бюджетная система мониторинга создана для того, чтобы дать более информативное и подробное представление о качестве атмосферного воздуха г. Алматы.

Также стоит отметить, что данная система мониторинга предоставляет некоторые дополнительные функции, такие как непрерывный мониторинг данных из нескольких мест одновременно, обнаружение газа во взрывоопасных зонах, мониторинг в разных частях города и т.д.

## Заключение

В результате систематического анализа в области экологического мониторинга и экспериментального мониторинга, проведенный в г. Алматы, было сформулировано заключение о научной новизне и актуальности создания таких систем мониторинга. Данная разработка является наиболее актуальной, учитывая нынешнее экологическое состояние города.

В ходе выполнения данной магистерской работы была разработана структура аппаратной и программной части автоматизированной системы мониторинга. Для создания аппаратной части были протестированы и закуплены датчики на общую стоимость около 40\$. Данная цена значительно ниже по сравнению с существующими системами на рынке и предоставляет значительно больше функций, также она является доступной для использования простым жителям города.

В программной части системы были прописаны коды для мониторинга и взаимодействия датчиков с платформой Arduino UNO. Данная работа была проделана совместно со студентами кафедры «Электроники и робототехники». Программная часть обеспечила эффективное функционирование системы мониторинга.

Основываясь на результатах проведенного экологического мониторинга с использованием автоматизированной системы, можно сделать вывод о целесообразности использования данной системы. АСМЭ позволила получить данные о концентрации ультрадисперсных частиц PM 2.5 и PM10, а также показания концентрации CO<sub>2</sub>. Сама система является переносной, узлы датчиков могут удаленно перенастраиваться и хранить в базе результаты мониторинга.



## Перечень сокращений

Сокращение	Полное наименование
АСМЭ	Автоматизированная система мониторинга эмиссии
ПДК	Предельно-допустимая концентрация
УДЧ	Ультрадисперсные частицы
Т	Тонн
М	Метр
Мг	Миллиграмм
Мкг	Микрограмм
Г	Грамм
В	Вольт
Вт	Ватт
Гц	Герц
Па	Паскаль
Тг	Тенге
Мм	Миллиметр
ПК	Персональный компьютер
мин.	Минимум
макс.	Максимум

## Список литературы

1. Герасимов И.Л. Научные основы современного мониторинга окружающей среды. - Изв. АН СССР. Сер. Геогр., 1975, N3, с.13-25.
2. (Положение об организации и осуществлении государственного мониторинга окружающей среды (государственного экологического мониторинга): Утв. постановлением Правительства РФ от 31.03.2003 № 177.- П. 1)
3. [https://tengrinews.kz/zakon/pravitelstvo\\_respubliki\\_kazahstan\\_premier\\_ministr\\_rk/ohrana\\_okrujayuschey\\_sredyi/id-V1800017543/](https://tengrinews.kz/zakon/pravitelstvo_respubliki_kazahstan_premier_ministr_rk/ohrana_okrujayuschey_sredyi/id-V1800017543/) - Правила ведения автоматизированной системы мониторинга эмиссии 2018г.
4. Экологический Кодекс Республики Казахстан – с изменениями и дополнениями по состоянию на 26.12.2019
5. D. He, X. Fan and D. Chai, "On-line control strategy of fresh air to meet the requirement of IAQ in office buildings," in Proc. IEEE Conf. on Industrial Electronics and Applications, Taichung, Taiwan, pp. 845-848, June 2010.
6. Won-Suk Jang, William M. Healy, Mirosław J. Skibniewski, "Wireless sensor networks as a part of a web-based building environmental monitoring system", Automation in Construction Volume 17, Issue 6, August 2008, Pages 729-736.
7. V. Mayalarp, N. Limpaswadpaisarn, T. Poombansao, and S. Kittipiyakul, "Wireless mesh networking with XBee," in 2nd ECTI-Conference on Application Research and Development (ECTI-CARD 2010), Pattaya, Chonburi, Thailand, 10-12 May 2010.
8. Горелик Д. О., Конопелько Л. А. Мониторинг загрязнения атмосферы и источников выбросов. // Аэроаналитические измерения. - М.: Изд. - во. Стандартов, 1992.
9. Проблемы экологии Москвы. Сеть наземных измерений. Под ред Е.И. Пупырева. М.: Московское отделение Гидрометеоздата, 1992.-198 с.
10. Стеклогоров Е.Б. Автоматизация оценки качества воздушной среды предприятий и городов, дис. к.т.н. / 1985.
11. К.М. Wallingford, "NIOSH Indoor Air Quality Investigations in Office Buildings," in "Industrial Hygiene News Report," Vol. 29 no. 11, Lake San Marcos, Calif., Nov. 1986.
12. Christopher McLean and Dave Wolfe, "Intelligent Wireless Condition-Based Maintenance," Sensors, June 2002, p 16.
13. Атмосферная термография для целей защиты окружающей среды. Aerial Thermography in the protection of environment: [Pap] Workshop Adv. Infrared Technol.&App. Cesa Inalaprte-Capry Sept. 19-20 1995/ Lubecki A.//Atti Fond. G.Ponchi.1996. N1-2,с.325- 337.РЖ-32"Метрология и измерительная техника".N12, 1996.
14. Метрологическое обеспечение измерительно-вычислительных систем для контроля состава и свойств веществ. /Боярнов А.Е., Герасимов

Б.И.// Новейшие достижения в обл. электрохим. анализа. Рос. электрохим. шк., Тамбов, 1995, с.48-50. РЖ-32" Метрология и измерительная техника". N4. 1997

15. Микропроцессорные средства экологического контроля воздушной среды./Цветков В.А., Рукина А.К., Фомин А.А.//Приборы и системы управления. 1995-N8,с.35-37

16. Средства компьютерной графики в задаче анализа и контроля экологического состояния атмосферы регионов./Акименко В.В., Казанков Д.В., Симоненко

17. Б.//Программные продукты и системы. 1995,N3,с. 10-12

18. Козырев А. В., Шаргородский В. Д. Лидарный комплекс контроля загрязнения воздуха: Пат. 2022251 Россия, МКИ5 G 01 N 21/ 61; Мал. предприятие межотраслевой науч. - внедр. Центр Эконприбор. - № 5019717 / 25, Заявл. 29.12.91; Оpubл. 30.10.94., Бюл. № 20. РЖ- 85 "Технические аспекты охраны окружающей среды". №10, 1996

19. Гавриш А. В., Оксенгайт Е. А. Приборы и системы контроля токсичных газов на основе твёрдотельных сенсоров. // Науч. техн. достиж. / Всерос. НИИ межотрасл. инф. - 1995, № 3 - с. 22-23. РЖ- 85 «Технические аспекты охраны окружающей среды». № 12, 1996.

20. Радиофизический мониторинг загрязнений природной среды. /Бело М.Л., Городничев

21. А., Козинцев В.И. и др.// М. Из-во «Аргус»-1994-107с

22. Developing a monitoring project. /McDonald Lee H.//J. Soil & Water Conserv. 1994 N3 с.221-227. РЖ72 "Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов", N2,1996

23. Региональные экологические информационно-моделирующие системы. Новосибирск. Наука, 1993.-133 с

24. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем.-М.:Наука, 1978.-400с.

25. Влэдуц Г.Э., Гейвандов Э.А.Автоматизированные информационные системы для хи- мии.-М.:Наука, 1974.-312с.

26. Галанский Б.Л.,Поляков В.И.Информационные системы.- Томск:Изд-во ТГУД989.- 155с.

27. Полищук Д.М.Концептуальное моделирование в задачах мониторинга окружающей среды // Системы эоинформатики. Проблемы, решения, перспективы.-Томск:ТНЦ СО АН СССР,1989.-с.4-17.

28. Беляев В.И., Худошииа М.Ю.Основы логико-информационного моделирования сложных геосистем.- Киев:Наук.думка,1989-160с.

29. Информационные системы для руководителей / Ф.И. Перегудов, В.П. Тарасенко В.А. Силич и др. - М.: Финансы и статистика, 1989.-176с.

30. Искусственный интеллект:В 3 кн.-КнЛ: Системы общения и экспертные системы: Справочник/Под ред. Э.В.Попова. -М.: Радио и связьД990.-464с.

31. Искусственный интеллект: В 3 кн.-Кн.2:Методы и модели: Справочник /Под ред. Д.А. Поспелова. -М.: Радио и связь, 1990.-304с.
32. Построение экспертных систем / Под ред. Ф.Хейеса-Рота, Д.Уотермана, Д.Ленота.- М.:Мир, 1987.-441с
33. Представление и использование знаний. /Под ред.Х.Уэно, М.Исидзука.-М.:Мир, 1989.-220с.
34. Волков В.Ю., Эдельштейн Ю.Д. Автоматизированные системы экологического мониторинга. Системы удаленного доступа. Учебное пособие / Под ред. Д.П.Вента, РХТУ им. Д.И.Менделеева, Новомосковский институт, Новомосковск, 2006. - 170с.
35. Волков В.Ю., Эдельштейн Ю.Д. Использование технологий удаленного доступа в региональных автоматизированных системах экологического мониторинга атмосферного воздуха. «Автоматизация и современные технологии», 2007г., №2, с. 15-21
36. Волков В.Ю., Эделштейн Ю.Д. Системный анализ в экологическом мониторинге окружающей среды. Труды III Научно-технической конференции «Современные проблемы экологии и рационального природопользования в Тульской области», Тула 2006,с.88-92